

Výživa rostlin

Ing. Radoslav Koprna, Ph.D.

Univerzita Palackého v Olomouci

Katedra chemické biologie

LS 2023/24



Doporučená literatura, použité zdroje

- 1) Vaněk V. a kol. (2007): **Výživa polních a zahradních plodin**. Profi Press, Praha 2007, ISBN 976-80-86726-25-0.
- 2) Richter R., Hlušek J. (1994): **Výživa a hnojení rostlin** (I. obecná část). VŠZ v Brně, 177 s. ISBN 80-7157-138-5
- 3) Vaněk V., Balík J., Němeček R., Pavlíková D., Tlustoš P. (1998): **Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny**. Farmář-Zemědělské listy, Praha, 124 s. ISBN 80-902413-7-9
- 4) Ryant P., Richter R., Hlušek J., Fryščáková E.: **Multimediální učební texty z výživy rostlin**. Zdroj:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/index.htm
- 5) Procházka S. a kol. (1998): Fyziologie rostlin, Academia Praha, ISBN 80-200-0586-2.
- 6) <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/prezentace/07-rezistence-rostlin-k-abiotickym-faktorům.pdf>
- 7) <http://kfrserver.natur.cuni.cz/studium/bakalar/prace/kettnerova.pdf>
- 8) <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js13/genetika/web/pages/08-rezistence-k-abiotickym-faktorům.html>

Historie výživy rostlin

1) Starověk – Orient, Persie:

Obnova půdní úrodnosti na základě využívání zvířecích exkrementů.

Zemědělci si vážili hnojiv – rčení „tam kde hnojivy opovrhovali, hlásil se hlad“



Historie výživy rostlin

2) Římané:

Tháles Milétský (625-543 před n. l.) se domníval, že základní výživnou látkou je voda.

Demokritos (460-360 před n. l.) předpokládal existenci atomů.

Lucretius (98-55 před n. l.), který poukázal na koloběh látek v přírodě

System hnojení Římanů byl založen na vypalování lesů, používání zvířecích výkalů (zejména drůbeží trus), vápence, slínu a sádry, příp. zelené hnojení vikvovitými (aniž by věděli o fixaci vzdušného dusíku na kořenech)

Historie výživy rostlin

3) Středověk:

Ve středověku nedošlo k pokroku v přírodních vědách. Teprve v 16. a 17. století nastává rozvoj přírodních věd a spolu s nimi se vyvíjí i chemie užitá v zemědělství.

Palissy (1510-1589) - domněnka, že sůl je základem života a růstu rostlin.

Van Helmont (1577-1644) – první pokus s vrbou, kterou 5 let zaléval čistou vodou. Ačkoli přírůstek hmotnosti vrby činil 82 kg, zeminy ubylo pouze 60 g a tento nepatrný pokles považoval van Helmont za chybu vážení. Protože ještě nebylo známo složení vzduchu, vyvodil z tohoto pokusu, že se vrba živila pouze z vody.

Historie výživy rostlin

3) Středověk:

Glauber (1604-1668) vyslovil hypotézu, že přidáním ledku se silně zvyšuje výnos.

Woodward J. (1665-1678) – první objasnil význam živin - pěstoval mátu ve vodě říční, dešťové a vodovodní, ke které přidal zahradní půdu. Zjistil, že máta nejlépe rostla ve vodě obohacené vyluhovanými látkami.

Rückertova "Teorie vyčerpání půdy" z roku 1789, která navázala na práce Palissyho. Rückert dospěl k názoru, že každá rostlina potřebuje určité složení půdy. Pěstováním rostlin na jednom místě se půda vyčerpává a rostlina pak špatně roste.

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Vliv zákona o zachování hmoty, který vyslovil v Rusku **Lomonosov** (1746) a ve Francii **Lavoasier** (1748).

Lavoasier prokázal, že rostliny čerpají látky ke své stavbě ze vzduchu a z vody. Roku 1772 byl **Pristley** objeven kyslík a na objasnění procesů přijímání CO₂

A. D. Thaer (1752-1828)- teorie, že je humus vedle vody jedinou látkou, která může sloužit k výživě rostlin a na které závisí půdní úrodnost. Minerální látky pokládal za jakési "koření", které dráždí rostliny k vyššímu příjmu humusu. Pravdivost této teorie byla sice postupem času vyvrácena, vycházela z ní však řada praktických postupů, které příznivě ovlivňovaly výživu rostlin.

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Francouz **Bousingault** (1802-1887) prokázal, že rostliny se vyživují minerálními formami dusíku z půdy.

Justus von Liebig (1803-1873) – shrnul experimentální poznatky té doby do logického systému - kniha "Die Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" vydaná v r. 1840 způsobila pád humusové teorie a připravila půdu pro vznik nové minerální teorie. Liebig především vyvrátil Thaerem propagovaný názor, že jediným zdrojem uhlíku pro rostliny je humus. Za elementy nezbytné pro tvorbu rostlinných těl považoval kyselinu uhličitou, amoniak a vodu s rozpuštěnými látkami. Formuloval "Zákon minima". Zasloužil se o rozšíření výroby průmyslových hnojiv (superfosfátu) a zakládání pokusných stanic

Historie výživy rostlin

4) Novověk:

Mitscherlich (1874-1956) - řešil zejména vztahy mezi výnosy rostlin a množstvím živin přidávaných do půdy a vyjádřil je matematickými rovnicemi.

Mendělejev (1834-1907) - prováděl rozsáhlé pokusy s tehdy známými organickými a minerálními hnojivy . Jako vynikající chemik rozpracoval metody chemických analýz půd a zjišťování půdní úrodnosti. Zdůrazňoval význam používání hnojiv a využívání domácích surovin i odpadních látek pro výživu rostlin

Historie výživy rostlin

Historie výživy rostlin u nás:

Až v 19. století - zakládání výzkumných stanic pro biochemii půdy a rostlin. **J. Sv. Presl** (1791-1849), **Kodym** (1811-1884) a **F. Farský** (1846-1927), kteří se zabývali zvláště biochemickými vlastnostmi půd.

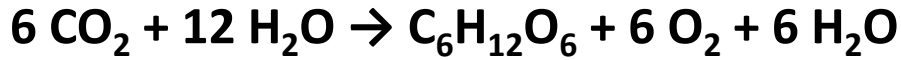
prof. **R. Trnka** (1881-1950) - studium průmyslových hnojiv a zeleného hnojení.

prof. **F. Duchoň** (1897-1975) metody stanovení potřeby hnojení, zákonitostmi výživy rostlin a využíváním živin z průmyslových a statkových hnojiv. Encyklopedie „**Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských**“ (ČSAV 1948)

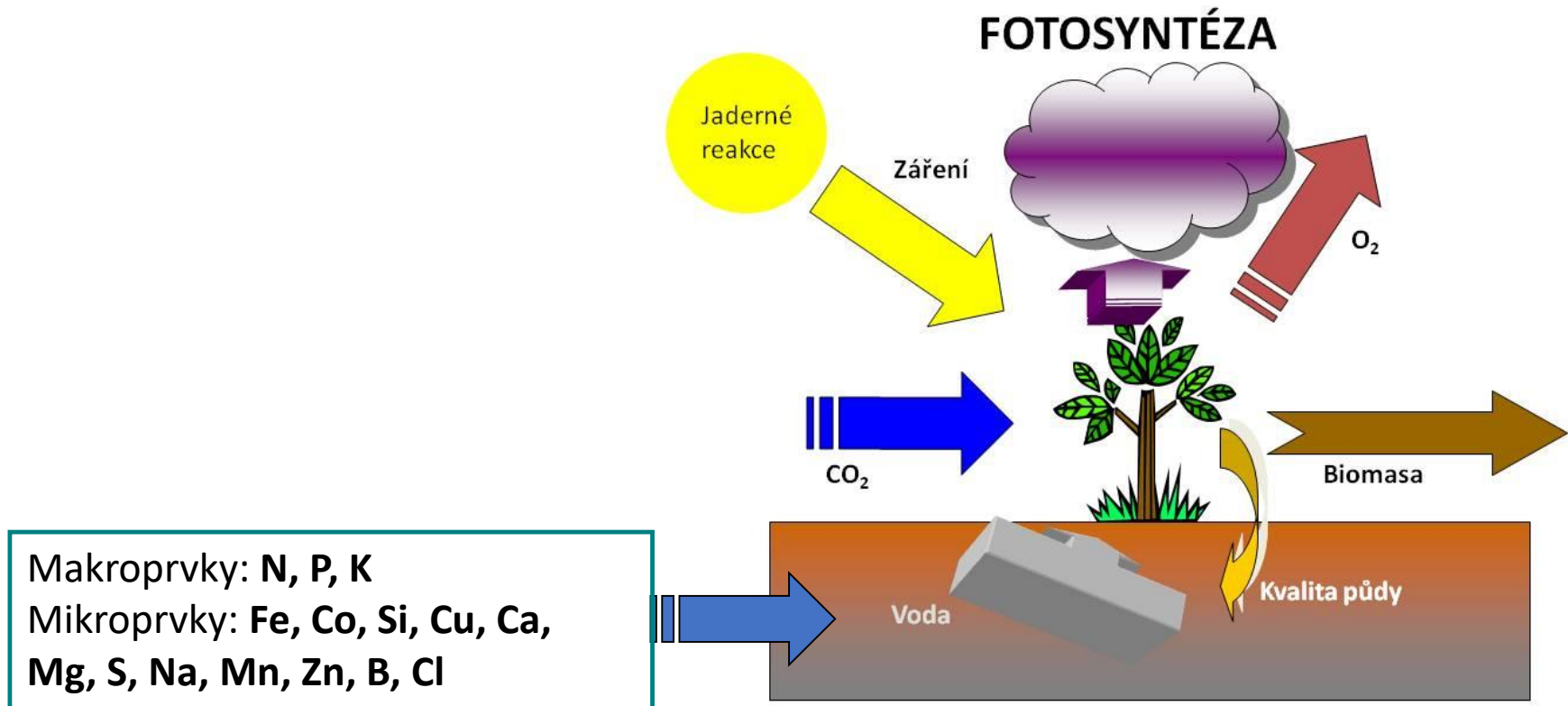
Prof. **J. Hampl** (1895-1970) fyzikální vlastnosti půdy a půdní koloidy ve vztahu k výživě rostlin.

Příjem živin rostlinami

Fotosyntéza:



Tato rovnice se však často zjednodušuje na:



Příjem živin rostlinami

Fotosyntéza:

V procesu fotosyntézy je vázáno velké množství CO_2 – tím je udržována rovnováha jeho obsahu v ovzduší.

Na zemi je poutáno do primární organické hmoty v procesu fotosyntézy cca 105.000.000.000.000 kg C.

Na souši je poutáno cca 426 g C na 1 m² (kromě zaledněných ploch) *

V oceánech je poutáno cca 140 g C na 1 m² (kromě zaledněných ploch) *

Přibližně stejné množství se ale dostává zpět do atmosféry dýcháním rostlin a z půdy.

Rostliny ročně „spotřebují“ cca 17,5 % celkového CO_2 v atmosféře. Pokud by se CO_2 neprodukoval, byl by tzv. „spotřebován“ za 11 let.

Obsah CO_2 v atmosféře: cca 0,04 %

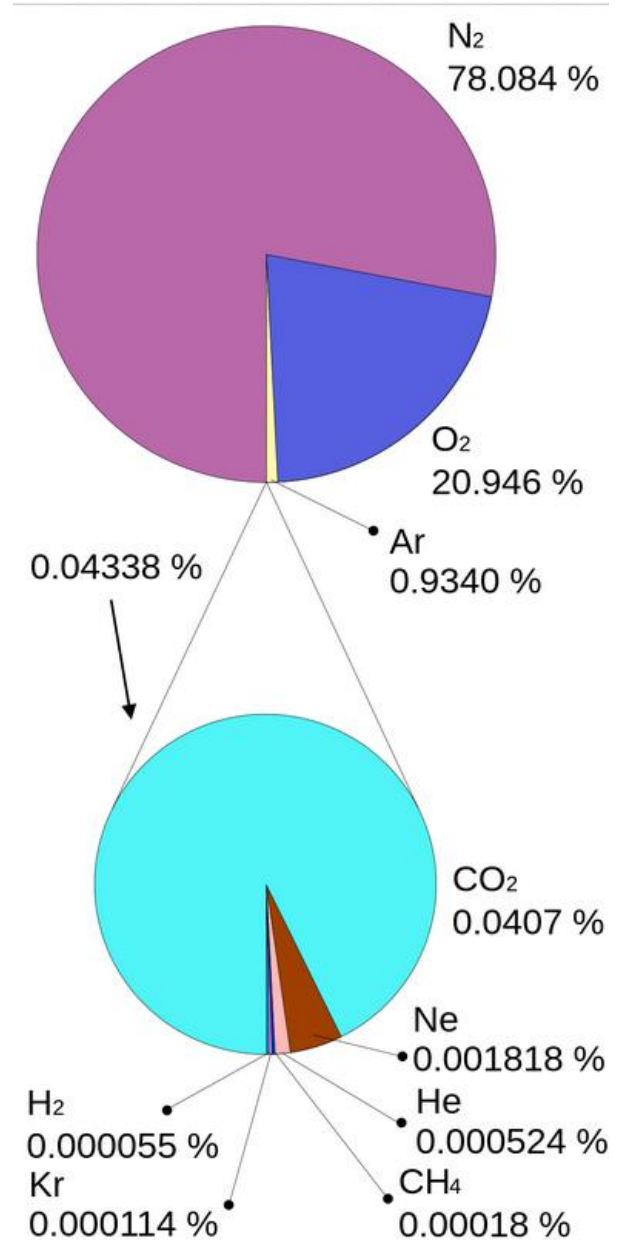
* *Nátr, 2000, 2022*

Příjem živin rostlinami

Složení atmosféry Země

Projekt Ústavu výzkumu globální změny Akademie věd ČR - CzechGlobe – lokalita Bílý Kříž:

v devadesátých letech začali koncentraci CO₂ měřit, jeho obsah činil 350–360 ppm, v současnosti je 380–390 ppm – tedy v atmosféře prokazatelně narůstá jeho koncentrace



Příjem živin rostlinami



Příjem živin rostlinami

Základní princip:

- Příjem živin rostlinami a jejich asimilace (přeměna) na stavební jednotky rostlin – cukry, bílkoviny, tuky, alkaloidy..
- Fotosyntéza: na 1 kg C vázaného v organické hmotě rostlin se vytvoří 2,7 kg O₂
- Příjem kořeny (příjem všech živin z půdního roztoku - ve vodě) – **základní forma výživy**
- Příjem nadzemními částmi (listy, stonky, květy..) – příjem skrze průduchy a kutikulu, ve formě rozpustných solí určité koncentrace – **doplňková forma výživy**

Příjem živin rostlinami

Význam minerální výživy = asimilace iontů, tj. jejich přeměna ve struktury a účast na procesech rostliny

Obecně platí: prvky nacházející se v půdě jsou přítomny i v rostlinách (výjimky: sladkovodní *Nitella clavata* a mořská *Valonia macrophysa*)

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Živiny u rostlin = anorganické látky, které se stávají živinami většinou až v iontové formě

Charakteristika živin:

Nezbytnost – nepostradatelnost (esenciálnost) – rostliny je potřebují pro své základní životní pochody

Nezastupitelnost - nelze je nahradit jinými živinami

Přímé zapojení do metabolismu - komponenty esenciálních kyselin, bílkovin, enzymů, nukleových kyselin..

Nedostatek některé živiny = projevy deficiencie, při výrazném deficitu rostlina nemůže dokončit svůj životní cyklus

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Tab. 3.1 Obvyklé obsahy prvků v rostlinách. (Podle Epsteina 1972, převzato z Taize a Zeigera 1991.)

Prvek	Chemická značka	Relativní atomová hmotnost	Obsah v sušině ($\mu\text{mol g}^{-1}$, $\mu\text{g g}^{-1}$ nebo %)		Počet atomů ve vztahu k molybdenu
			$\mu\text{mol g}^{-1}$	$\mu\text{g g}^{-1}$	
<i>Mikroživiny</i>					
molybden	Mo	95,95	0,001	0,1	1
měď	Cu	63,54	0,10	6	100
zinek	Zn	65,38	0,30	20	300
mangan	Mn	54,94	1,0	50	1 000
železo	Fe	55,85	2,0	100	2 000
bor	B	10,82	2,0	20	2 000
chlor	Cl	35,46	3,0	100	3 000
<i>Makroživiny</i>					
síra	S	32,07	30	0,1	30 000
fosfor	P	30,98	60	0,2	60 000
hořčík	Mg	24,32	80	0,2	80 000
vápník	Ca	40,08	125	0,5	125 000
draslík	K	39,10	250	1,0	250 000
dusík	N	14,01	1 000	1,5	1 000 000
kyslík	O	16,00	30 000	45	3 000 000
uhlík	C	12,01	40 000	45	4 000 000
vodík	H	1,01	60 000	6	60 000 000

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

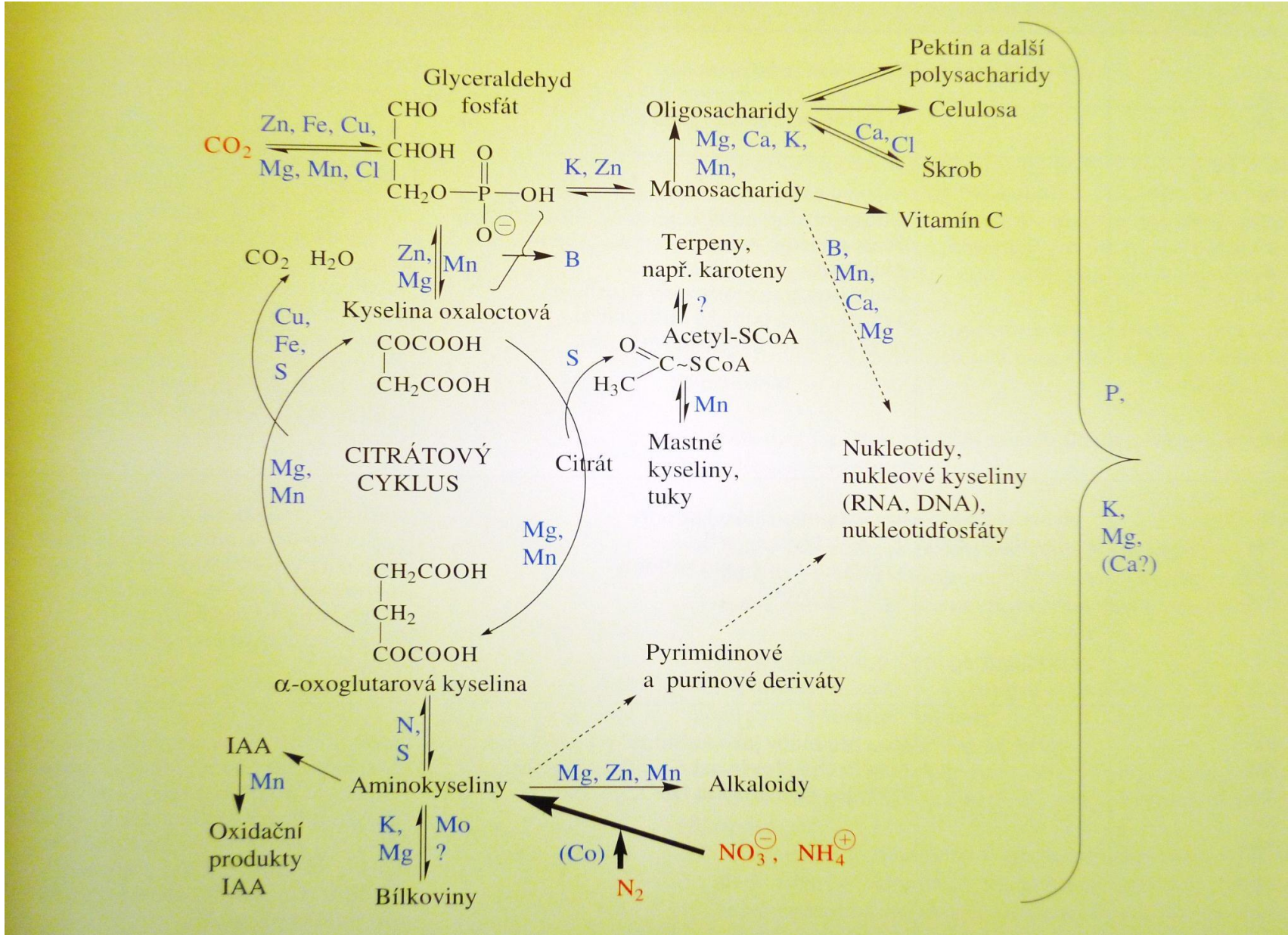
makroelementy vyskytující se od desetin po desítky procent (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S),

mikroelementy -obsah se pohybuje pod desetinu % (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, ...),

užitečné prvky požadavek na ně je specifický podle druhu rostliny (Na, Cl, Si, Al, Ti, aj.),

ostatní prvky - obsaženy v rostlinách jako důsledek zvýšeného přirozeného obohacení nebo pod vlivem antropogenní činnosti člověka (cizorodé prvky Cd, Pb, Cr, As, Be, Ni aj.).

Význam makro a mikroprvků, projevy deficitu



Význam makro a mikroprvků, projevy deficitu

Chemické složení rostlin:

- Spalitelný podíl (90-95 %) – **C, O, H, N**
- Popeloviny (1-5 %) – **Ca, K, Mg, Na, P, S, Fe ...**

Obsah prvků v některých rostlinných produktech:

Plodina	Analyzovaná část	% v přirozeném stavu					
		voda	N	P	K	Ca	Mg
Pšenice	Zrno	14,4	2,00	0,37	0,45	0,04	0,13
	Sláma	14,3	0,48	0,10	0,52	0,19	0,07
Kukuřice	Siláž	83,0	0,19	0,04	0,31	0,10	0,07
	Zrno	13,0	1,62	0,27	0,31	0,02	0,12
Cukrová řepa	Bulvy	81,5	0,16	0,04	0,32	0,03	0,04
	Chrást	90,0	0,30	0,03	0,33	0,22	0,10
Vojtěška	Zelená píce	74,0	0,72	0,04	0,37	0,60	0,05

Živina	Skupina	Příjem a transport	Fyziologické a biochemické vlastnosti
C H O		Příjem ve formě plynné (CO ₂ nebo O ₂), možnost příjmu C také ve formě jako HCO ₃ ⁻ , voda	Nejdůležitější stavební kameny organických molekul
N S P B Si	nekovy	Příjem v oxidovaných formách (fosfáty, nitráty, nitrity, sulfáty, boritany, křemičitany). Dusík přijímán rovněž v redukované formě jako NH ₄ ⁺ . Živiny jsou transportovány v rostlině buď jako anorganické ionty, nebo ve vazbě do organických molekul.	Důležité stavební kameny organických látek. NO ₃ ⁻ a SO ₄ ²⁻ jsou před vazbou na uhlíkaté řetězce org. sloučenin redukovány a vázány homeopolární vazbou. Volné elektronové páry atomů N a S umožňují vytváření chelátových vazeb. Fosforečnany, boritany a křemičitany se neredukují a vytvářejí s OH skupinami organických molekul (hlavně s cukry) estery.
K Na Mg Ca	alkalické kovy a kovy alkalických zemin	Jsou přijímány jako kationty (K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ a Ca ²⁺) a také v rostlině jako kationty transportovány.	Většinou jsou poutány sorpčně na organické látky, odkud mohou být vzájemně vytěšňovány. Ca a Mg mohou vstupovat do chelátových vazeb, přičemž Mg může v této vazbě vystupovat jako aktivátor enzymů.
Fe Mn Cu Zn Mo	těžké kovy	Jsou přijímány jako kationty nebo v chelátové vazbě, výjimkou je Mo, který je přijímán jako MoO ₄ ²⁻ .	Tvoří převážně kovové složky enzymů, přičemž je významná právě schopnost vstupovat do chelátových vazeb, které umožňují specifické vymezení účinnosti enzymů. Významná je také možnost změny mocenství, která přenosem elektronů umožňuje rovněž průběh enzymatických reakcí.

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

Rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností - Mengel a Kirkby (1978)

Skupina	Živina	Příjem	Biochemické funkce v rostlině
1	C, H, O, N, S	ve formách CO_2 , HCO_3^- H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ SO_4^{2-} , SO_2	- hlavní složky organ. látek - základní prvky enzymatických procesů - zúčastňuje se oxidačně redukčních reakcí
2	P, B, Si	ve formách fosfátů, kys. borité, borátů, silikátů	- esterifikace nativních alkoholových skupin - fosfátové estery se zúčastňují přenosu energie
3	K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	v iontových formách z půdního roztoku	- vyznačují se nespecifickými funkcemi, které řídí osmotický potenciál - specifikují činnost enzymových proteinů - aktivují enzymy - vyrovnávají nedifúzní a difúzní anionty
4	Fe, Cu, Zn, Mo	ve formách iontů nebo chelátů z půdních roztoků	- převládají v chelátových formách inkorporovaných do prostetických skupin - umožňují elektronový transport se změnami valence

Živiny podle fyziologického a biochemic. účinku

Živina	Skupina	Příjem, transport	Fyziologické a biochemické vlastnosti
C H O		V plynné formě (CO ₂ , O ₂), voda	Nejdůležitější stavební kameny molekul
N S P B, Si	Nekovy	Příjem – v oxidovaných formách (fosfáty, nitráty, sulfáty..), Transport – jako anorganické ionty, nebo v evazbě do organických molekul	Důležité stavební kameny organických látek, vytváření chelátových vazeb, tvorba OH skupin a tvorba organických molekul (hlavně s cukry)
K Na Mg Ca	Alkalické kovy a kovy alkal. zemin	Příjem – jako kationy (K ⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ ..), Transport – jako kationy	Jsou většinou poutány sorpčně na organické látky, Ca, Mg mohou vstupovat do chelátových vazeb, Mg může v této vazbě vystupovat jako aktivátor enzymů
Fe Mn Cu Zn, Mo	Těžké kovy	Jsou přijímány jako kationy, nebo v chelátové vazbě, kromě Mo, který je přijímán jako MoO ₄ ²⁻	Tvoří kovové složky enzymů, mají významnou schopnost vstupovat do chelátových vazeb.

Prvky – rozdělení, výskyt v rostlinách

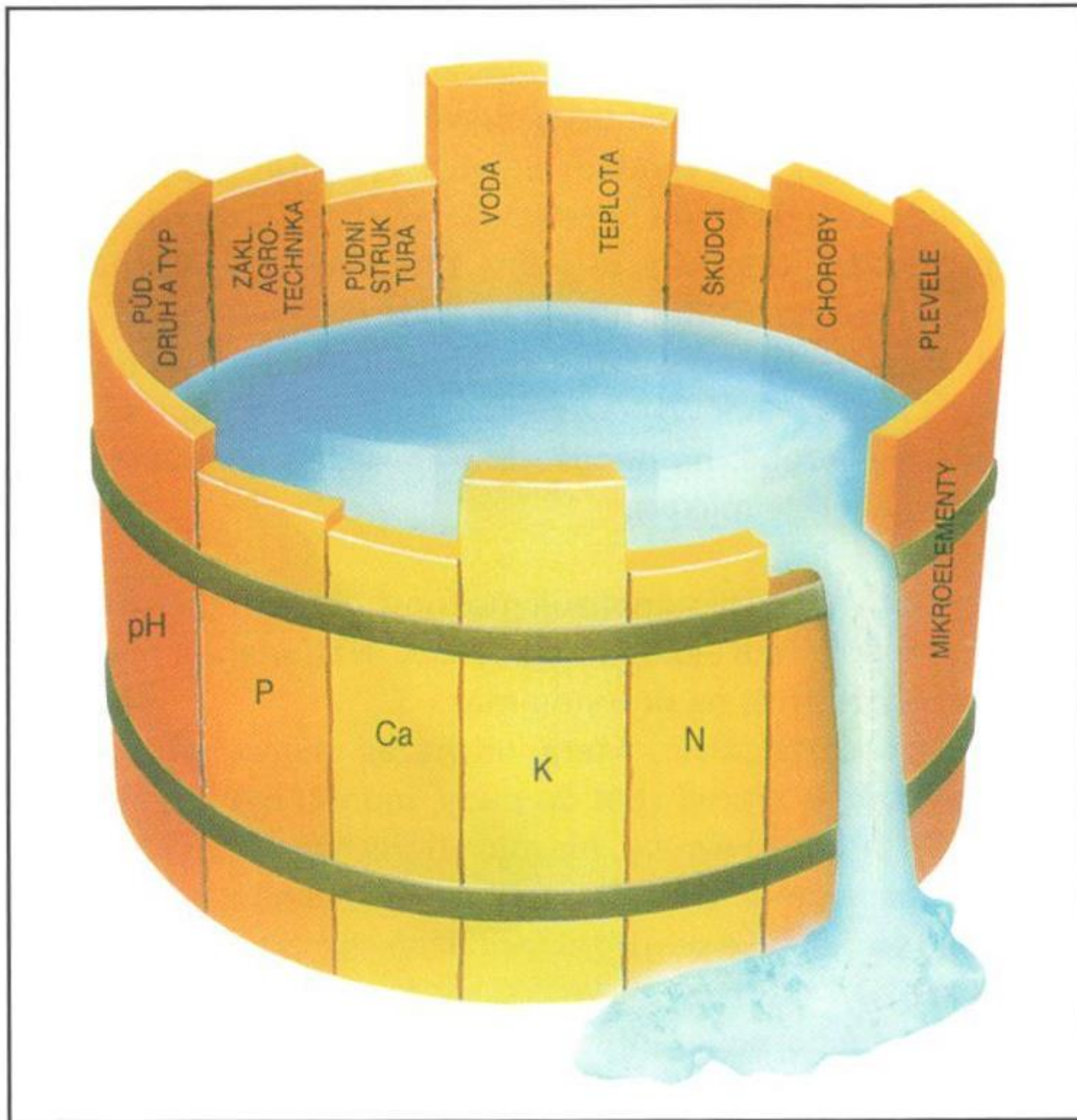
Odhad obsahu živin (deficitu či nadbytku)

-**Saturační hodnota** – vyjadřuje konstantní a optimální průběh fyziologických procesů v rostlině (lze sledovat produkci sušiny, výnosu, rychlost růstu apod.)

-**Kritický obsah živin** – 90 % maximální hodnoty sledovaného procesu

-**Další metody odhadu** – rychlost fotosyntézy, transpirace, aktivita enzymů..

Populární znázornění Liebigova zákona minima



Mechanismus transportu minerálních živin

- Možnosti příjmu živin:

- Příjem živin kořeny – proti koncentračnímu spádu, v rostlině jsou přenášeny přes plazmalemu transportními bílkovinami, poté vloženy do xylému a v listech pak znovu bílkovinovými přenašeči převedeny do symplastu mezofylových buněk

- Příjem živin listy – prostup iontů kutikulou (zvláště při ovlhčení listu). Pektinové látky ve formě struktur mohou dobře prostupovat ve formě roztoků a dostávat se až k buněčným stěnám (těmi pak volně difundují). V praxi – využívají se zejména mikroživiny, makroživiny např. jen při nedostatku vody v půdě.

Příjem živin kořeny

Příjem většiny živin a to ve formě iontů

- Kationty, např. K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}
- Anionty, např. NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$

Fáze příjmu živin:

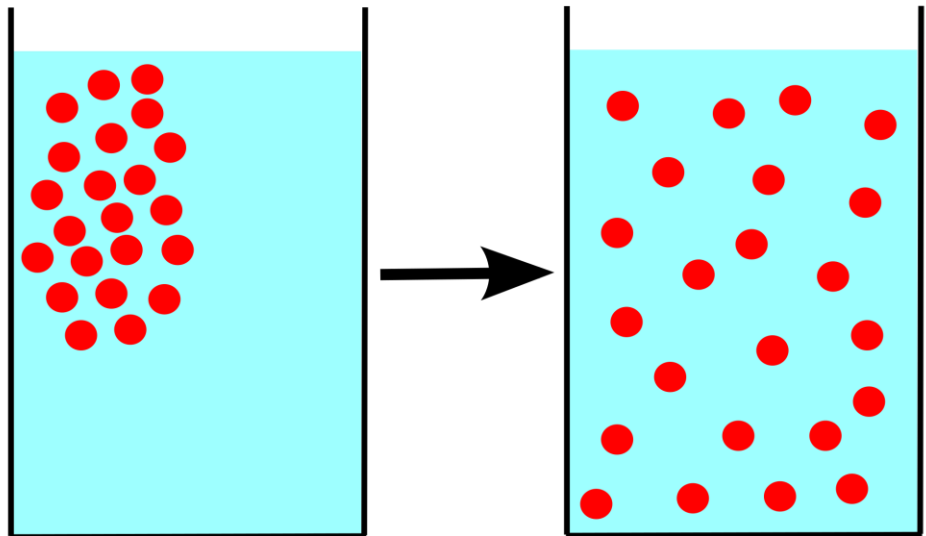
- Přísun živin do bezprostřední blízkosti kořenů
- Průnik živin do volného prostoru buněk kořenů
- Průnik živin do vnitřního prostoru buněk kořenů (průnik plasmalemou do cytoplasmy)
- Následný transport živin v rostlině

Příjem živin kořeny

Na výživě se podílí prvky, které jsou obsaženy v půdním roztoku (PR) poblíž kořenů (v rhizosféře).

Pohyb:

- 1) Hmotovým tokem: (přísun iontů. Které se nachází v PR ve vyšší koncentraci)
- 2) Difuzí: pohyb iontů z míst s vyšší koncentrace na místa s nižší koncentrací



Příjem živin kořeny

Transport živin z půdního roztoku do kořenů – **difuzí**, která je podmíněna osmotickými tlaky

Rychleji a snadněji pronikají skrze membrány ionty a látky:

- Látky bez náboje (než částice s náboji)
- Částice s nižším nábojem než s vyšším
- Látky menší (s nižší atomovou a molekulovou hmotností)

Platí tato permeabilita - pořadí:

- 1) Látky bez náboje
- 2) Anionty⁻ a kationty⁺
- 3) Anionty²⁻ a kationty²⁺
- 4) Anionty³⁻ a kationty³⁺

Příjem živin kořeny

Prvek	Průměrný obsah v půdním roztoku* (ppm)	Možný přísun hmotovým tokem** (kg/ha)	Odběr sklizní ozimé pšenice (kg/ha)	Možný podíl zásobení (%)	
				hmotovým tokem	difuzí
Ca	200	800	24	100	–
Mg	16	64	12	100	–
K	12	48	108	44	56
N	40	160	144	100	–
P	0,5	2	30	7	93
S	15	60	15	100	–
Mn	0,05	0,20	0,65	31	69
B	0,03	0,12	0,08	100	–
Cu	0,01	0,04	0,10	40	60

1) Příjem živin **hmotovým tokem** - živiny rozpuštěné v půdní vodě (roztoku) – jsou blízko kořenům – rostlina je schopna je přijmout „hmotovým tokem“, který zásobí rostlinu vodou – **Ca²⁺, Mg²⁺, NO²⁻**.

2) Příjem živin **difuzí** – tento transport je závislý na celkovém obsahu sloučenin některých živin (**P, S, Mn, Zn**)

Transport iontů do kořenů je proces, který je podmíněn osmotickými tlaky a neustále se ustavujícími rovnovahami.

Příjem živin kořeny

Mezi volným a vnitřním prostorem buněk, se nachází biologické membrány, které mají fluidní (tekutý) charakter – jejich tloušťka je 4 – 13 nm.

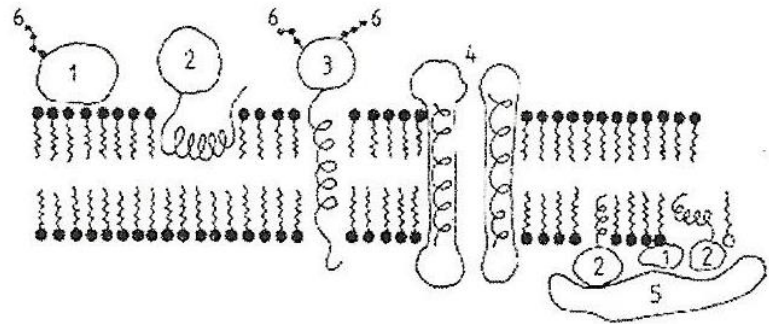
Základní stavební jednotkou těchto membrán jsou lipidové / fosfolipidové dvojvstvy, orientované hydrofobní (lipidovou) částí, dovnitř membrány.

V membránách jsou umístěny bílkoviny, včetně kanálků. Membrány jsou semipermeabilní (polopropustné) a působí izolačně – na rozhraní membrány se udržuje membránový elektrický potenciál (10 – 200 mV), který je významný pro transport iontů.

Plazmalema – vrstva mezi volnými prostory buněk. Ionty ji musí překonat.

Schematické znázornění průřezu membránou

(podle modelu tekuté mozaiky) a umístění bílkovin (Vodrážka 1992)



- 1) periferní bílkoviny
- 2) zanořené integrální bílkoviny
- 3) procházející integrální bílkoviny
- 4) vznik kanálku
- 5) bílkoviny cytoskeletu povrchu cytoplazmy zpevňující membránu
- 6) glykoproteidy s cukernými složkami

Příjem živin kořeny

Příjem živin – probíhá jako aktivní a pasivní transport – zvláštnosti:

Příjem živin se děje proti koncentračnímu spádu (*hromadění živin ve vnitřním prostoru – v kořenech a částech rostlin, je většinou mnohonásobně vyšší než ve vnějším prostředí*)

Příklad:

Živina – prvek	Koncentrace v živném roztoku (ppm)	Koncentrace v rostlině (ppm)	Obohacení (oproti živnému roztoku)
K	78	6240	80 x
Na	7,4	13,8	1,9 x
Ca	40	120	3 x
P	7,8	186	24 x
S	21,4	448	21 x

Příjem živin kořeny

Objemový tok živin – probíhá, když se transportuje jako tok vody z půdního roztoku do kořene. Je závislý od koncentrace iontů ve vodě.

Existuje kontinuální výměna iontů mezi pevnou fází půdy a půdním roztokem – to představuje největší zdroj živin.

Aktivita iontů v půdním roztoku – je důležitým faktorem příjmu živin. Čím větší je koncentrace iontů v půdním roztoku, tím menší vzdálenost musí kořen překonat, aby se vytvořili podmínky pro jeho povrchovou sorpci.

Např: iont K^+ má obal tvořený 4 molekulami vody

iont Mg^{2+} má obal tvořený 14 molekulami vody

Čím vyšší je hydratační průměr iontů – tím vyšší je jejich hydratační energie.

Hydratační energie = energie, kterou se molekuly vody váží na povrch iontů.

kationt	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Průměr iontů v μm	1,19	0,26	0,26	0,13	0,19
Hydratační energie ($kJ \cdot mol^{-1}$)	420	357	357	1086	1575

Sorpční vlastnosti půdy

Jedna z nejdůležitějších vlastností půd z hlediska vazby původních i dodávaných živin v půdě a z hlediska vazby potenciálních kontaminujících látek.

1. Celková sorpční kapacita – T – největší množství kationtů v milimolech nebo chemických ekvivalentech, které může poutat 1 kg zeminy
2. Množství sorbovaných bází – S – množství bazických kationtů (Ca, Mg, K, Na) v 1 kg zeminy
3. Nasycenost sorpčního komplexu v % - V – podíl výměnných bazických kationtů v % z celkové sorpční kapacity:

$$V = (S * 100) / T$$

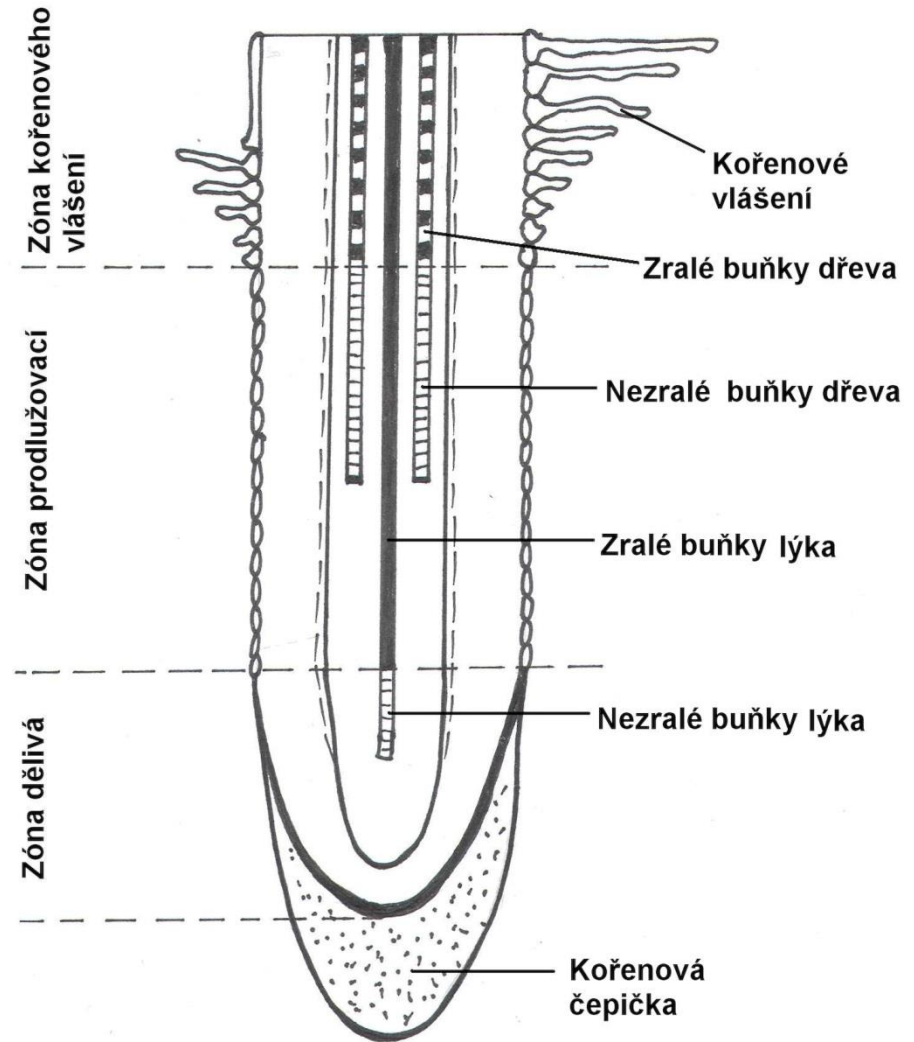
Výměnná sorpční kapacita (T hodnota – mmol/100g)	
velmi nízká	pod 8
nízká	8-12,5
střední	12,5-25
vysoká	25-35
velmi vysoká	nad 35

Nasycení sorpčního komplexu (V hodnota - %)	
extrémně nenasycený	pod 30
nenasycený	30-50
slabě nasycený	51-75
nasycený	75-90
plně nasycený	91-100

Příjem živin kořeny

Na příjmu živin kořeny se podílí všechny mladé části kořenů a zvláště zóna kořenového vlášení, která až několik set-krát zvyšuje povrch kořene.

Kořenové vlásky vznikají akropetálně a mají omezenou životnost (asi 10-12 dní). Postupným nárůstem nových vlásků je umožňováno stále nové a nové spojení rostliny s půdním prostředím.



**Stavba kořene
- podélný řez**

Příjem živin kořeny

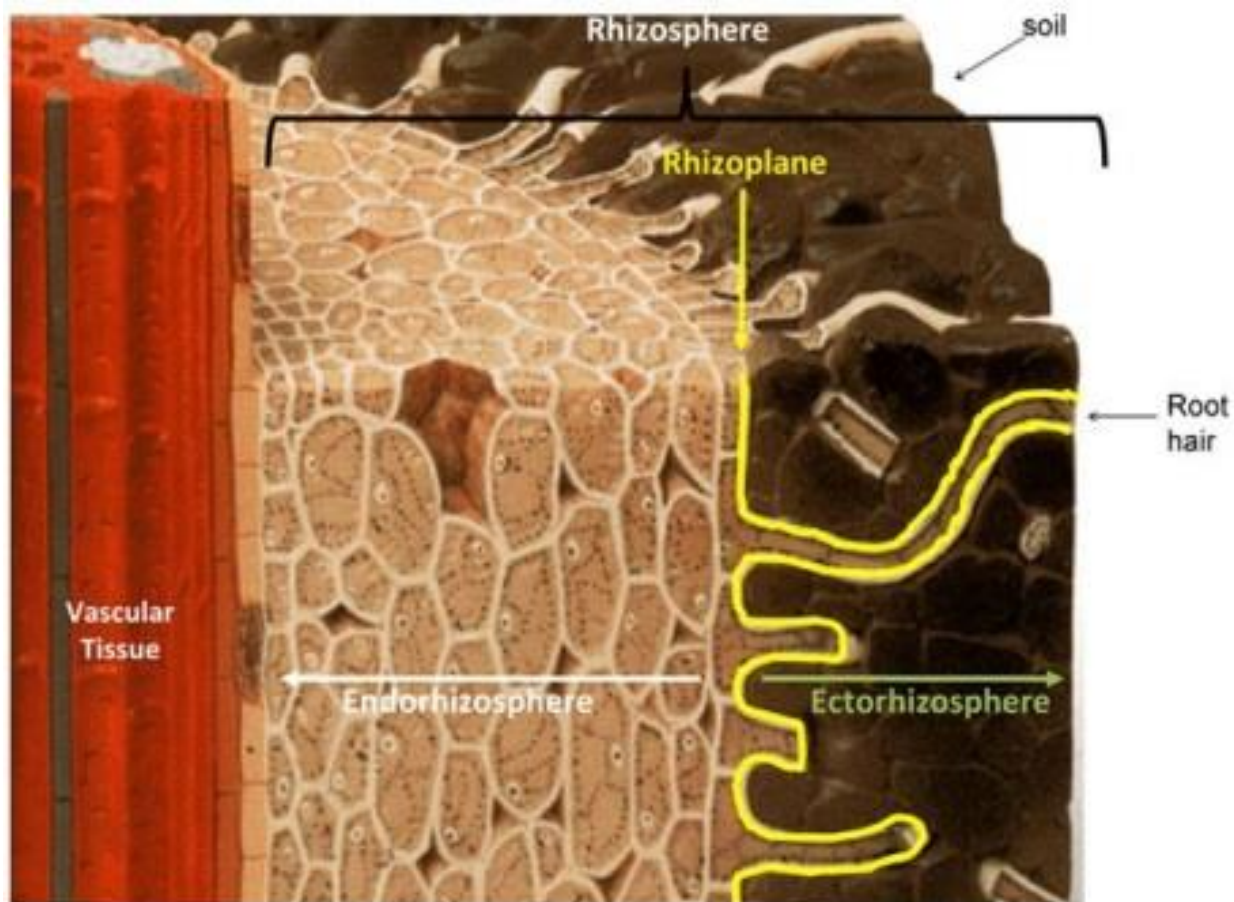
Hlavní kořen

Postranní kořeny

Kořenové vlášení

Růst kořenů:

- Pozitivní geotropizmus
- Negativní fototropizmus
- Pozitivní hydrotropizmus



Příjem živin kořeny

Na příjmu živin se podílí všechny části kořenů – zejména pak kořenové vlášení

Životnost kořenových vlásků je 10-12 dní

Kořenové vlásky přijímají i vylučují ionty do půdního roztoku



AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY

Z celkového zemědělského půdního fondu České republiky, který zahrnuje 4 280 954 ha, je 3 142 000 tis. ha orné půdy

Nejdůležitějším znakem půdy je její **úrodnost**, kterou definujeme jako schopnost půdy zabezpečit na ní rostoucím plodinám optimální podmínky nutné k dosažení stálých a kvalitních sklizní, t.j. vytváří pěstovaným plodinám vhodné prostředí a zajišťuje jim dostatek živin a vody nutných k růstu a vývinu rostlin.

Řadu půdních vlastností můžeme regulovat vhodně volenými agrotechnickými, hnojařskými a melioračními zásahy, a tím do značné míry působit a ovlivňovat půdní úrodnost.

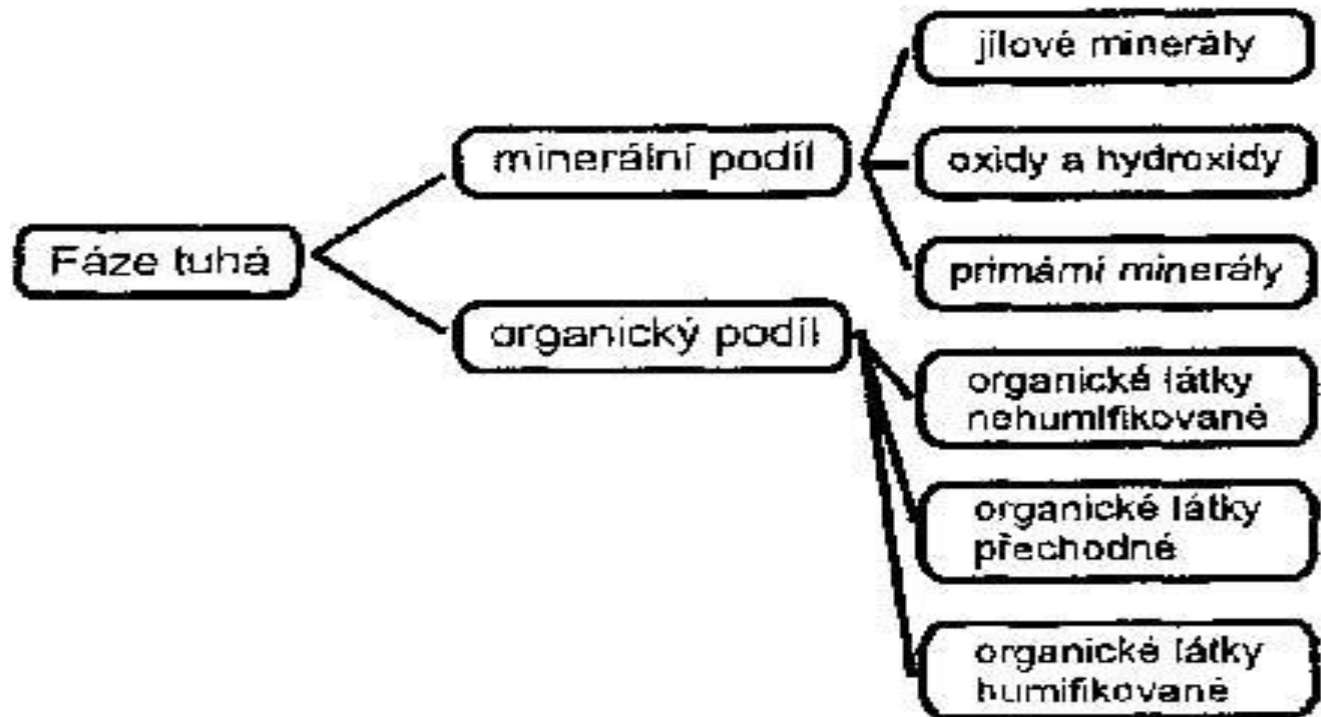
SLOŽENÍ PŮDY

U půd rozlišujeme složení:

- fázové (tuhá, kapalná, plynná fáze)
- zrnitostní
- chemické

TUHÁ FÁZE

Tuhá fáze půdy je tvořena souborem pevných částic půdy nejrozmanitějšího složení a velikostí. Sestává z minerálního podílu, na který připadá u většiny našich půd 95-98% hmotnosti sušiny všech tuhých částic půdy. Podstatně menší část (2-5%) tvoří organický podíl půdy



KAPALNÁ FÁZE

Kapalnou fází půdy rozumíme půdní vodu, která se uplatňuje svými dispergačními, rozpouštěcími, hydrolytickými a transportními účinky. Podmiňuje existenci koloběhu látek jako nenahraditelného faktoru pro edafon a vegetaci. Z hlediska výživy je důležitý nejen transport látek z půdního roztoku do živých buněk kořenového systému rostlin, ale i vertikální transport půdním profilem. Ten je příčinou ztrát živin vymytím do spodních vrstev. Eluovány nejsou pouze živiny dodané hnojivy, ale také živiny půdní zásoby a živiny uvolněné mineralizací půdní organické hmoty i půdotvornými procesy z minerálního matečného substrátu půd. Pokud dochází k přemístění živin do větších hloubek pak tento proces označujeme jako „vymývání“ čili „vyplachování“ živin.

KAPALNÁ FÁZE

Půdní roztok v závislosti od výše uvedených podmínek obsahuje řadu rozpuštěných minerálních i organických látek v různém množství a poměru.

Z minerálních látek jsou to zejména kationty K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} aj., z nichž část může být vázaná v chelátových vazbách.

Aniontovou složku půdního roztoku tvoří především HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, OH^- , Cl^- a v nepatrném množství některé sloučeniny molybdenu, bóru aj. Jednotlivé ionty se do půdního roztoku dostávají zvětráváním minerálů, rozkladem organických látek, výměnou ze sorpčního komplexu a z imisí.

PLYNNÁ FÁZE

Oxid uhličitý v půdním vzduchu dosahuje v průměru 0,3%. V podmínkách nedostatečné aerace může obsah CO_2 činit 1-5%.
Obsah kyslíku v půdním vzduchu se pohybuje v rozmezí 10-20% a zajišťuje dýchání všech půdních organismů, slouží k oxidaci organických i minerálních látek. Nedostatek kyslíku vede k redukci zvláště Fe a Mn sloučenin.

Rozpustnost plynů půdního vzduchu v půdním roztoku je závislá na teplotě a parciálním tlaku. Při teplotách kolem 15°C se rozpouští ve vodě asi 1% (objemové) CO_2 , zatímco rozpustnost ostatních složek je podstatně nižší: rozpustnost kyslíku asi 30x, dusíku 60x nižší.

KAPALNÁ FÁZE

Půdní roztok v závislosti od výše uvedených podmínek obsahuje řadu rozpuštěných minerálních i organických látek v různém množství a poměru.

Z minerálních látek jsou to zejména kationty K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} aj., z nichž část může být vázaná v chelátových vazbách.

Aniontovou složku půdního roztoku tvoří především HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , $H_2PO_4^-$, OH^- , Cl^- a v nepatrném množství některé sloučeniny molybdenu, bóru aj. Jednotlivé ionty se do půdního roztoku dostávají zvětráváním minerálů, rozkladem organických látek, výměnou ze sorpčního komplexu a z imisí.

PŮDNÍ VLASTNOSTI A JEJICH VÝZNAM VE VÝŽIVĚ ROSTLIN

Složení půdy podmiňuje řadu dalších půdních vlastností, které ovlivňují příjem živin kořeny rostlin. Jsou to:

- sorpční schopnost půdy
- půdní reakce
- pufrovací schopnost půd
- redukčně oxidační poměry v půdě
- biologická aktivita půdy.

SORPČNÍ SCHOPNOST PŮDY

Jde o schopnost půdy poutat (sorbovat) ionty nebo celé molekuly různých sloučenin z půdního roztoku do pevné fáze půdy. Takto poutané látky (živiny) jsou podle druhu a intenzity sorpce chráněny proti vyplavení, vytváří rezervoár lehce přijatelných živin pro rostliny umožňující postupný příjem živin během vegetace a podstatně omezují nežádoucí zvýšení koncentrace solí v půdním roztoku.

Rozlišujeme následující druhy sorpce živin v půdě:

1. mechanická,
2. fyzikální,
3. chemická,
4. fyzikálně chemická,
5. biologická.

MECHANICKÁ SORPCE

Mechanická sorpce se uskutečňuje mechanickým zadržováním disperzních částic nebo velkých agregátů koloidních částic a sražením v povrchových, zúžených nebo slepě končících pórech.

Pro výživu rostlin má omezený význam

FYZIKÁLNÍ SORPCE

Fyzikální sorpce souvisí s povrchovými jevy na fázovém rozhraní. Je daná obsahem jemně disperzních částic, které zvyšují výrazně celkový povrch.

Při fyzikální sorpci dochází k vyvázání iontů i celých molekul vlivem fyzikálních sil. Jsou-li molekuly určité látky půdního roztoku přitahovány k pevným částicím půdy většími fyzikálními silami než-li molekuly vody, jde o kladnou fyzikální sorpci. V opačném případě se jedná o zápornou fyzikální adsorpci, která vede k vyplavování živin do spodních vrstev a ke kontaminaci podpovrchových vod.

CHEMICKÁ SORPCE

Jedná se o schopnost půdy zadržovat některé živiny v důsledku chemických reakcí, při nichž vznikají ze sloučenin rozpustných ve vodě (iontů) sloučeniny ve vodě málo rozpustné nebo nerozpustné (sraženiny).

Např. Ca^{2+} vytváří s anionty CO_3^{2-} a SO_4^{2-} ve vodě rozpustný uhličitan vápenatý CaCO_3 a $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

K chemosorpci a tím i ke snížení přístupnosti pro rostliny dochází i u mikroelementů (B, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo) v souvislosti se změnami některých půdních vlastností, např. pH, obsahu organických látek, vlhkosti aj.

Z hlediska praktické výživy rostlin je důležité omezit chemosorpci, při níž vznikají těžce rozpustné sloučeniny, z nichž rostliny nemohou živiny přijmout vůbec nebo v nedostačujícím množství.

BIOLOGICKÁ SORPCE

Jde o živiny poutané v živých i odumřelých tělech půdních mikroorganismů, jejichž hmotnost na 1ha dosahuje 5 i více tun. V průběhu svého životního cyklu spotřebovávají půdní organismy značnou část rostlinných živin nacházejících se v půdě v přijatelném stavu, které kumulují v hmotě svých těl, a tím snižují obsah živin přijatelných rostlinami.

Živiny vázané biologickou sorpcí jsou do přijatelné formy uvolňovány teprve po odumření a úplné mineralizaci organické hmoty.

Biologická sorpce má význam při bilancování živin. Výrazně ovlivňuje zvláště dynamiku N v půdě. Průměrně asi 30% N z hnojiv je zabudováno touto sorpcí. U hnojiv ledkových představuje biologická sorpce 10-20% a z hnojiv amonných 20-40% z dodaného dusíku.

VÝZNAM A VYUŽITÍ SORPČNÍ SCHOPNOSTI PŮD

Za vhodné nasycení sorpčního komplexu se považuje nasycení vápníkem ze 60-80%, hořčíkem z 10-20%, draslíkem 2-5%. Je nutné dodržovat zvláště poměr Mg:K, který by měl být 2:1, resp. 2-3:1.

PŮDNÍ REAKCE (PH)

Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů, které se ve vodných roztocích spojují s molekulou vody a tvoří s ní anionty H_3O^+ (hydroxoniové nebo oxoniové ionty).

Optimální hodnoty pH minerálních půd

Půdní druh	Orná půda		Trvalé travní porosty	
	optimální pH	žádoucí rozmezí pH	optimální pH	žádoucí rozmezí pH
Písčítá půda	5,5	5,3-5,7	5,0	4,5 - 5,2
Hlinitopísčítá půda	6,0	5,8-6,2	5,0	4,5-5,2
Písčitohlinitá půda	6,5	6,3-6,7	5,2	4,8-5,5
Hlinitá půda až jíl	7,0	6,5-7,5 ¹⁾	5,5	5,3-6,0

Pozn. 1) Horní hodnota platí pro půdy karbonátové

PŮDNÍ REAKCE (pH)

K okyselení půdy dochází:

- v důsledku odstranění bází z organických koloidů, jílových minerálů a z amorfních gelů
- z nitrifikačních procesů
- vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba H_2CO_3),
- hnojením fyziologicky kyselými hnojivy,
- kyselými spady (SO_2 , NO_x , HF aj.).

K alkalické reakci půdy přispívá hlavně:

- vysoký obsah Na v prostředí
- vysoký obsah CaCO_3 , respektive $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,
- intenzivní biologická činnost půdy,
- používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku.

PŮDNÍ REAKCE (pH)

Půdní reakce má výrazný vliv na úrodnost půdy. V silně kyselých půdách se nedaří některým užitečným bakteriím velmi důležitým pro optimální průběh biochemických reakcí v půdě (Rhizobia, Azotobacter chroococum, nitrifikační bakterie aj.).

Mineralizační procesy jsou v kyselých podmínkách vesměs zpomaleny a syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek (fulvokyselin). Vysoká kyselost půdy nepříznivě ovlivňuje efektivnost využití některých hnojiv.

Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění.

PŮDNÍ REAKCE (pH)

Nároky vybraných plodin na půdní reakci (pH/KCl)

Plodina	pH/KCl
žito ozimé	4,8 - 7,1
pšenice ozimá	6,0 - 7,2
ječmen jarní	6,2 - 7,5
oves	4,7 - 7,3
brambory	4,7 - 6,2
cukrovka	6,7 - 7,4
kukuřice	5,5 - 6,8
hrách setý	5,7 - 7,0
bob obecný	6,0 - 6,6
řepka ozimá	6,0 - 7,5
mák	6,3 - 7,2
slunečnice	5,7 - 6,2
jetel luční	5,4 - 6,7
vojtěška	6,7 - 7,8

PŮDNÍ REAKCE (pH)

Půdní reakce má výrazný vliv na úrodnost půdy. V silně kyselých půdách se nedaří některým užitečným bakteriím velmi důležitým pro optimální průběh biochemických reakcí v půdě (Rhizobia, Azotobacter chroococum, nitrifikační bakterie aj.).

Mineralizační procesy jsou v kyselých podmínkách vesměs zpomaleny a syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek (fulvokyselin). Vysoká kyselost půdy nepříznivě ovlivňuje efektivnost využití některých hnojiv.

Účinným opatřením k odstranění půdní kyselosti je pravidelné vápnění.

Agrochemické zkoušení půd - AZP

System výživy rostlin vychází z předpokladu dosažení dobré zásoby přijatelných živin v půdě (kromě N).

Princip: Na výživě rostlin se podílí zejména živiny z půdy (stará půdní síla), pak až živiny dodané během vegetace.

Platí zásada: P, K, Mg, Ca – hnojíme půdu
N – hnojíme rostlinu

AZP

- 3-6ti letý cyklus
- Výsledky slouží pro optimalizaci hnojení P, K, Mg, příp. Ca

Stanovuje se:

- půdní druh
- pH
- obsah přijatelného P, K
- potřeba vápnění
- hodnota kationtové výměnné kapacity

Agrochemické zkoušení půd - AZP

období	délka cyklu	kontrolované kultury	analyzované parametry	hodnocení zásoby (obsahu)
1961 - 1965	5	zemědělská půda	pH, potřeba vápnění, P, K	M, S, D
1966 - 1970	5	OP, TTP	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 20%	M, S, D
1971 - 1975	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	M, S, D
1976 - 1980	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	VM, M, S, D, V
1981 - 1983	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50%	VM, M, S, D, V
1984 - 1986	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu, Zn, Mn, B, Mo	VM, M, S, D, V
1987 - 1989	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu, Zn, Mn, B, Mo	VM, M, S, D, V
1990 - 1992	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca, TK - Cd, Pb, Cr, Hg, Cu, Zn, Ni, Be, Co, V Ø 100 ha	VM, M, S, D, V
1993 - 1998	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK TK - zahušťování u kontaminovaných pozemků	VN, N, VYH, D, V, VV
1999 - 2004	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P, K, Mg, Ca + KVK TK – zahušťování na kontaminovaných pozemcích a sledování u ekologicky hospodařících zemědělců	N, VYH, D, V, VV

Rozdělení ČR do zemědělských výrobních oblastí

Bonitace půd – na základě průzkumu půd v ČR, stanovištních podmínek, vlastností půd a agroekologických faktorů (klimatické podmínky, reliéf terénu apod.) vznikly tzv. BPEJ – bonitované půdně ekologické jednotky

BPEJ – 5ti místný číselný kód

1. Číslice – klimatický región
2. - 3. číslice – příslušnost k určité půdní jednotce (půdní druh a typ)
4. Číslice svažitost a expozice na světové strany
5. Číslice – hloubka půdy a skeletovisot

BPEJ jsou důležité pro stanovení úřední ceny zemědělské půdy

Rozdělení produkčního území ČR

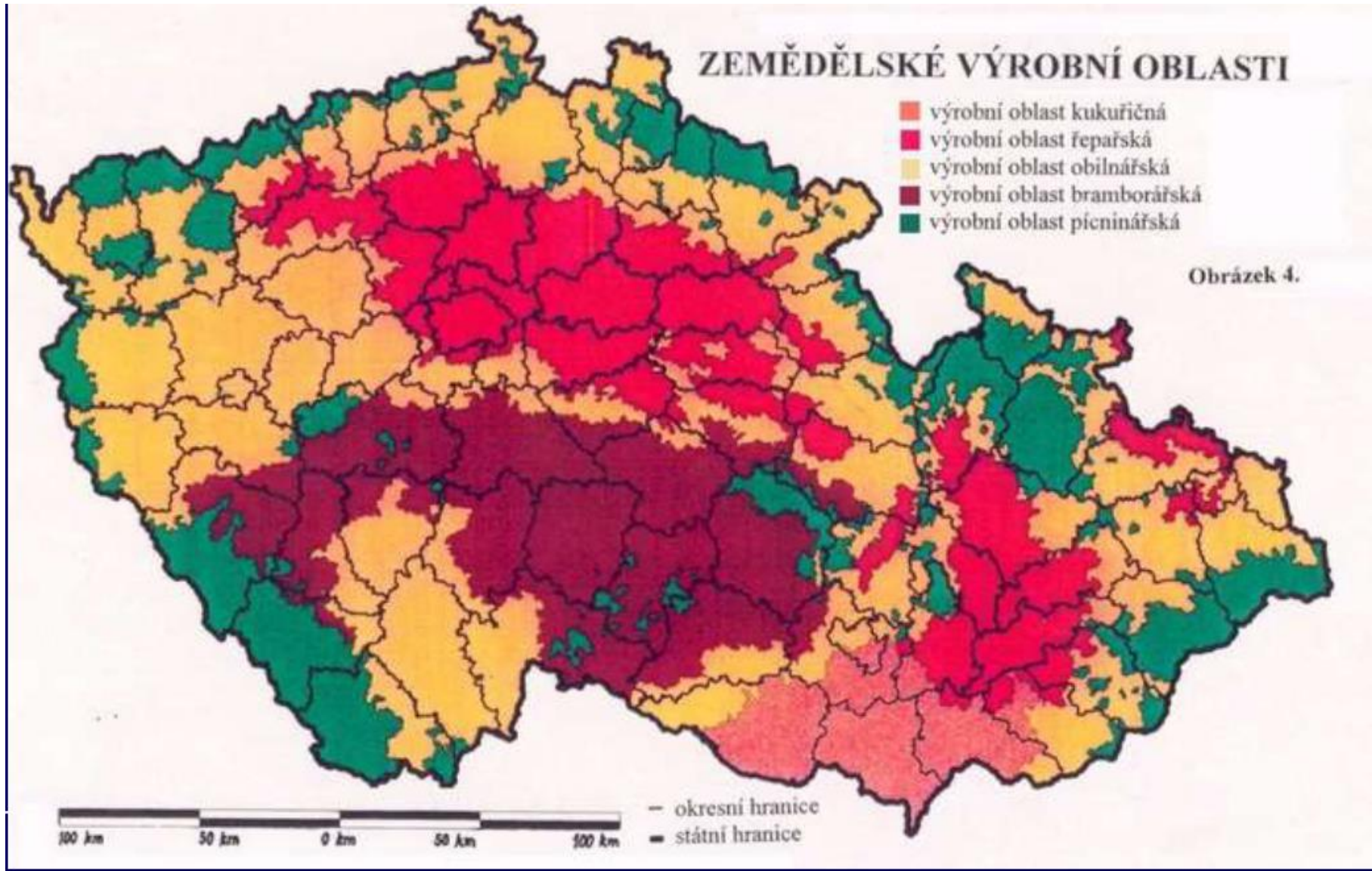
5 zemědělských výrobních oblastí

- 1. Kukuřičná**
- 2. Řepařská**
- 3. Obilnářská**
- 4. Bramborářská**
- 5. Pícninářská**

Rozdělení produkčního území ČR

	Kukuřičná VO	Řepařská VO	Obilnářská VO	Bramborářská VO	Pícninářská VO
Nadm. výška	Do 250 m	250 – 350 m	300 – 600 m	400 – 650 m	Nad 600 m
Prům. roční teplota	9 – 10 C	8 – 9 C	5 – 8,5 C	5 – 8 C	5 – 6 C
Úhrn ročních srážek	500 – 600 mm	500 – 650 mm	550 – 700 mm	550 – 900 mm	Více než 700 mm
Hlavní půdní jednotky	Černozem a sprašová hlína	Černozemě, hnědozemě, spraše, fluvizemě	Různé – od hnědozemí až po glejové půdy	Hlavně hlinitopísčité půdy	Většinou glejové kambizemě
Stupeň zornění	Nad 80 %	Nad 80 %	Nad 60 %	50 – 60 %	Pod 50 %
Hlavní druhy plodin	Kukuřice na zrno, obilniny, cukrovka, slunečnice	Obilniny, řepka, cukrovka, chmel, silážní	Obilniny, řepka, kukuřice na siláž	Brambory, krmné obilniny, řepka	Louky, pastviny, sadbové brambory

Rozdělení produkčního území ČR



Rozdělení hnojiv

Podle původu:

1. Organická (také statková hnojiva)
 - a) Živočišného původu
 - b) Rostlinného původu
2. Minerální
 - a) Jednosložková
 - b) Vícesložková

Podle skupenství:

- Kapalná hnojiva (foliární výživa)
- Tuhá hnojiva (výživa skrze kořenový systém)

Rozdělení hnojiv

Organická (statková) hnojiva: vyznačují se velkým objemem, nižším obsahem živin, jsou produkována v zemědělské prvovýrobě:

hnojiva stájová

- chlévský hnůj
- kejda
- močůvka
- hnojůvka

ostatní

- komposty
- zelené hnojení
- sláma na hnojení
- ostatní organická hmota + posklizňové zbytky

Rozdělení hnojiv

Minerální hnojiva: jsou vyráběna chemickou syntézou, nebo jsou získávány těžbou.

- Dusíkatá
- Fosforečná
- Draselná
- Vápenatá
- Hořečnatá
- Vícesložková (typ NPK a další)

Typy hnojení – dle živného média

Polní plodiny (přirozené prostředí):

- Výživu rostlinám poskytují živiny v půdním roztoku, mohou poskytnout produkci i bez přihnojení, avšak tato je na úrovni 40 – 80 % ve srovnání s přihnojením
- nadbytek/ nedostatek živin jsou rostliny schopny do jisté míry kompenzovat z půdy, ve které rostou

1) Předseťové hnojení (P, K, S, Mg, Ca)

2) Produkční hnojení (N)

3) Hnojení při deficitu prvků (N, Mn, Mg, Zn, S, Mo, Fe, B)

Typy hnojení – dle živného média

Nádobové pěstování rostlin:

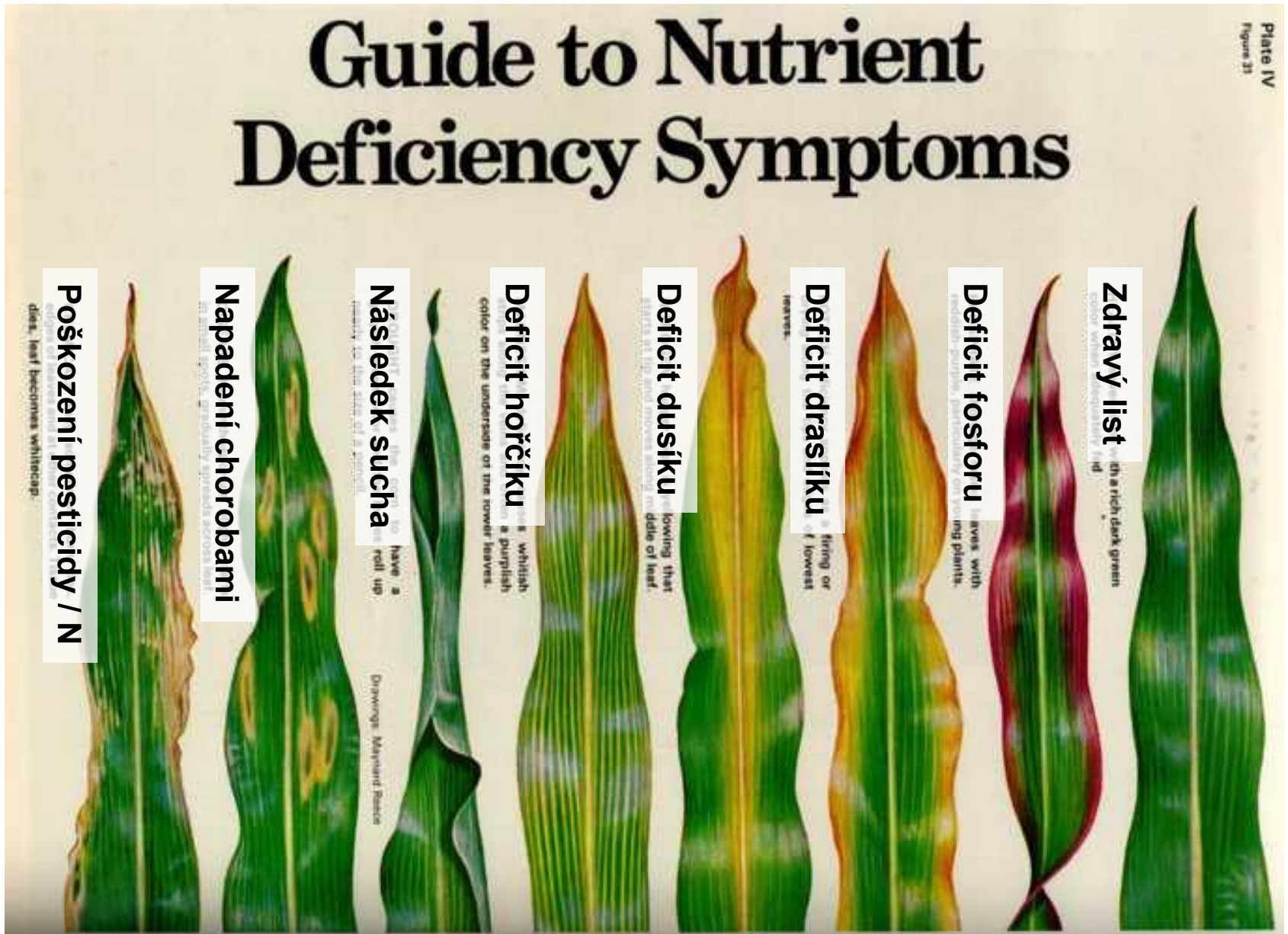
- Výživu jim poskytují živiny v půdním roztoku / sbstrátu (rašelina...), nemohou poskytnout produkci i bez přihnojení. Bez přihnojení rostliny rostou jen do vyčerpání živin.
- půda/ substrát i když je bohatý na živiny, dochází brzy k jejich vyčerpání
- nedostatek živin jsou rostliny schopny do jisté míry kompenzovat z půdy, ve které rostou
- Je nutné dodávat pravidelně N, K, P
- Většinou je potřebné dodat i mikroprvky B, Mg, Ca, Mo, Fe, Mn, Zn, Cu..

Typy hnojení – dle živného média

Hydroponické pěstování:

- Pěstování ve velkoprodukčních sklenících (plodová zelenina, bylinky..)
- Médium pro pěstování je čedičová vata, perlit, hrobozrný říční písek... (tyto neobsahují žádné živiny)
- Výživa formou závlahy (kapénková závlaha, ponorný systém- záplavou)
- Všechny živiny musí být dodány formou závlahy (při každé závlaze, 1x denně, vícekrát týdně..)
- Tato forma výživy je přísně specifická nejen pro jednotlivé druhy plodiny, ale také pro odrůdy, klimatické podmínky apod.
- Vysoké riziko deficitu živin i předávkování

Vizuální symptomy nedostatku živin



N (dusík)

- Význam:
- Nejdůležitější prvek pro rostlinu
 - obsah N v půdě: 0,1 – 0,2 %
 - Nepostradatelná živina pro rostliny i živočichy a půdní mikroorganismy

Celkový obsah N na Zemi: $1,7 \cdot 10^{17}$ t

Příjem N v rostlinami:

- ve formě amonného NH_4^+ - *převažuje v kyselejší oblasti*
- ve formě dusičnanu (nitrátu) NO_3^- - *převažuje v neutrální - alkalické oblasti*. nitrát je častějším a preferovaným zdrojem dusíku pro růst rostlin a jeho příjem je obecně vyšší, avšak velice závislý na rostlinném druhu a dalších faktorech prostředí

Proměna N v rostlinách:

- NH_4^+ - přímo syntéza aminokyselin
- NO_3^- - využití až po redukci na amonný NH_4^+ (za přítomnosti Fe, Cu, Mn, Mg)

Dusík v půdě

Organický dusík v půdě (cca 95 a více %), je pro rostliny nevyužitelný – musí projít procesem **mineralizace** na:

NH₄⁺ - amoniakální N

NO₃⁻ - nitrátový N

Ve většině půd převládá forma

nitrátového dusíku

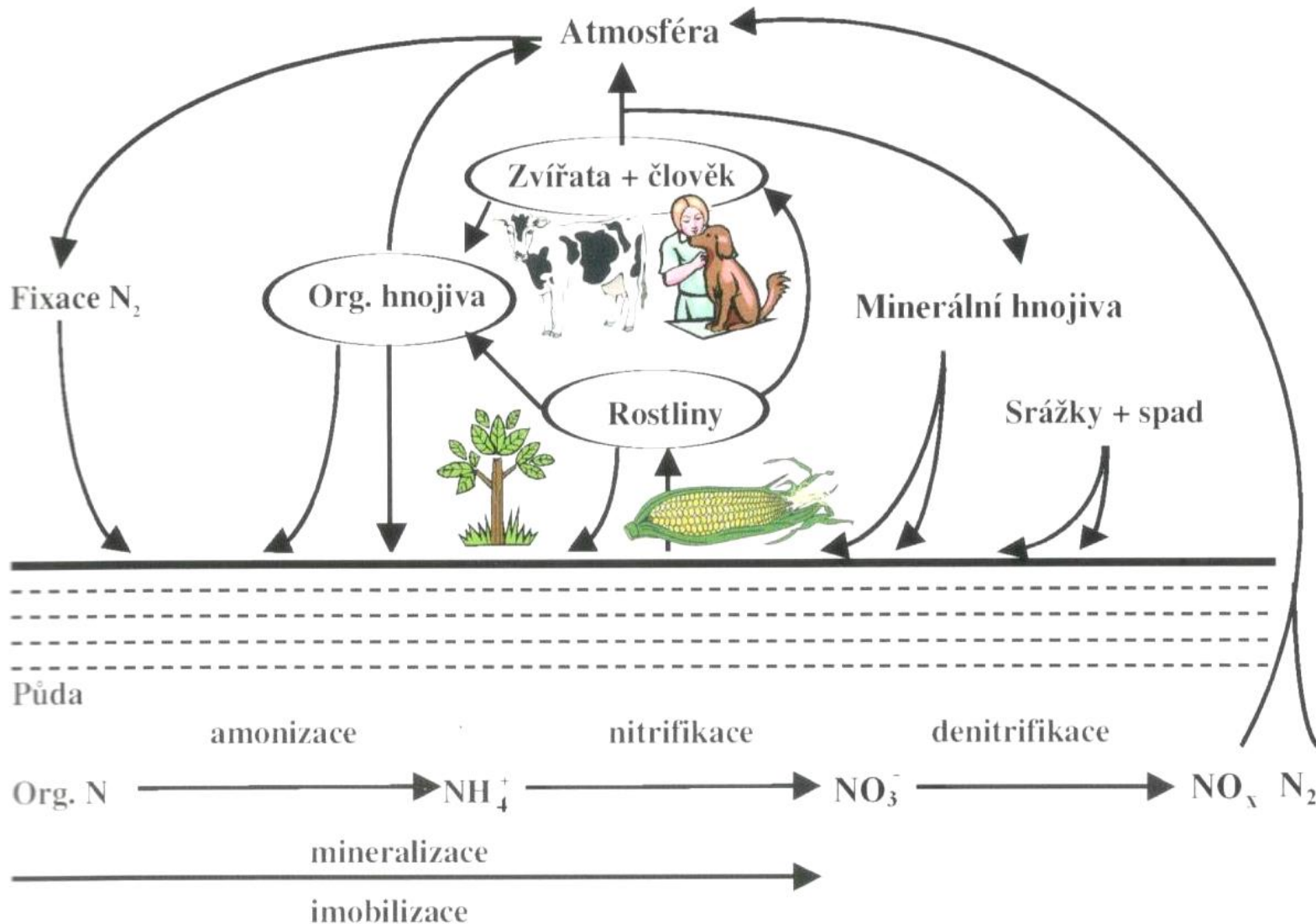
(5-10 % z celkového N)

Tab. 2/5 – Distribuce dusíku hnojiv po hnojení
(Machet et al. 1987)

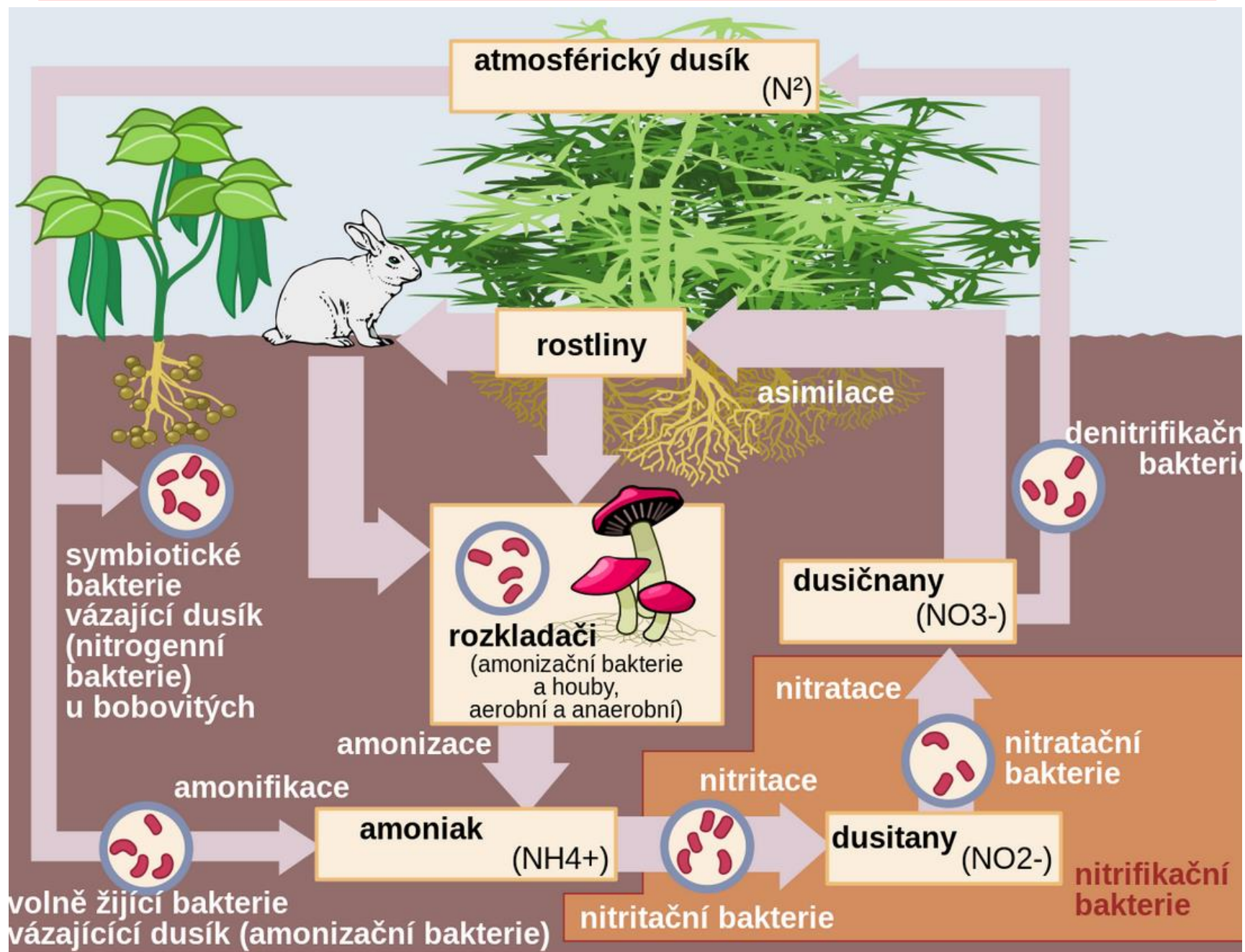
Distribuce	%
Využito rostlinami (nadzemní hmota)	40–60
Vázáno v organické hmotě v půdě	20–50
Minerální dusík	5–20
Ztráty denitrifikací a volatizací	2–30
Ztráty vyplavením	2–10

Příjem dusíku

Koloběh dusíku v přírodě



Koloběh dusíku v přírodě



Dusík v půdě

Kroky:

1) **Diazotrofie (fixace vzdušného dusíku)** – rozbije se trojná vazba vzdušného dusíku N_2 pomocí enzymu nitrogenateduktáza. N se zabuduje do amonných iontů NH_4^+

Některé rostliny, mají schopnost symbiózy s amonizačními bakteriemi

Biologická fixace dusíku:

- symbiotické bakterie *Rhizobium*, *aktinomyceta*..

- volně žijící bakterie

- aerobní: *Azotobacter*, *Clostridium*

- autotrofní: *sladkovodní Anabeana* a další

2) **Asimilace** – zabudování dusíku do těla živých organismů. Rostliny, přijímají dusík jako:

- Dusičnany – ty jsou redukovány na dusitany – ty jsou zabudovány do těla rostlin jako aminokyseliny, nukleové kyseliny....

3) **Amonifikace** – Proměna organických N látek zpět na amoniak – způsobují ho tzv. amonizační bakterie (vznik NH_3 a NH_4^+)

Dusík v půdě

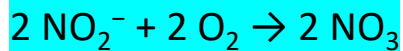
Kroky:

4) **Nitrifikace** = oxidace amoniaku v krocích

a) NITRITACE - oxidace na dusitany NO_2^- (za přítomnosti bakterie *Nitrosomonas*)

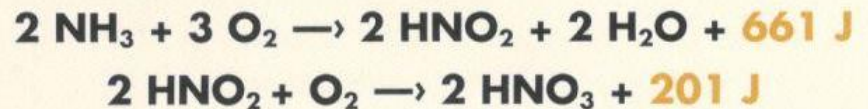


b) NITRATAČE - vznik dusičnanů NO_3^- (za přítomnosti bakterie *Nitrobacter*)



Nitrifikace probíhá ve dvou krocích oxidace, za uvolnění energie během oxidace

Optimální teplota pro nitrifikaci 25-30 C, při 5 C nitrifikace ustává



N (dusík)

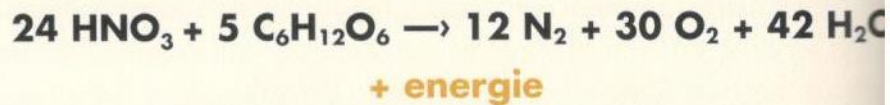
5) **Denitrifikace** - je přeměna dusičnanů na plynný dusík.

Redukční proces, kdy jsou nitráty v přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až na elementární dusík

Probíhá zejména v anaerobním prostředí – anaerobní mikroorganismy využívají během rozkladu kyslík z nitrátů.

Podmínka denitrifikace = nedostatek kyslíku v půdě

Denitrifikací může dojít ke ztrátám N z půdy – je potřebné zajistit, aby v půdě nebylo větší množství NO_3^- v mimovegetačním období (kromě denitrifikace hrozí i vyplavení N z půdy)

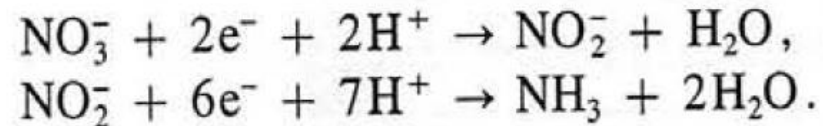


Redukce nitrátů

NO_3^- je po vstupu do rostliny redukován:

- V kořenech (ihned po příjmu rostlinou)
- V listech

Redukce probíhá ve dvou stupních:



Nitrity (dusitany) – jsou pro buňky škodlivé, proto jsou okamžitě redukovány nitritreduktázou.

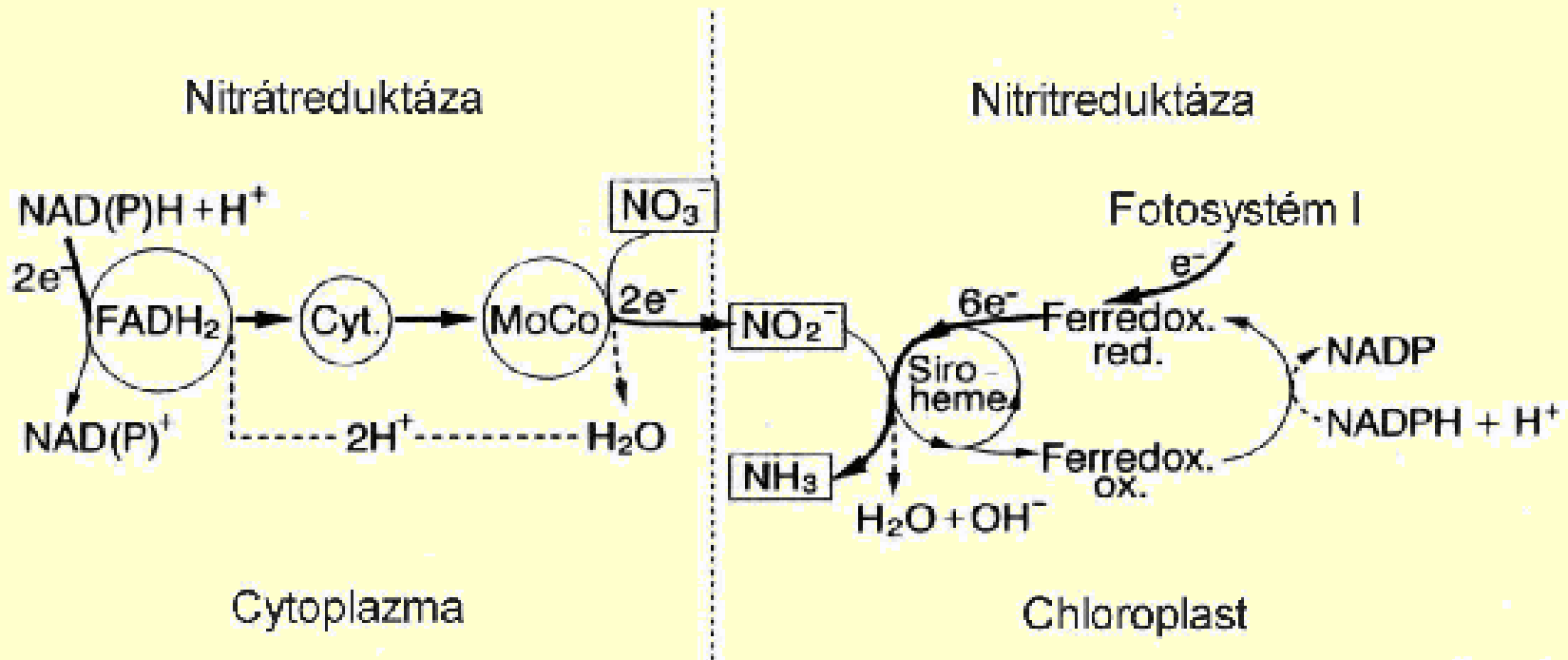
Amoniak (NH_3) je pro buňku toxický, protože účinně odpojuje syntézu ATP – koncentrace amoniaku je mikromolární

Příjem dusíku

Asimilace N probíhá ve dvou krocích (tzv. **redukce nitrátů**):

1. krok: redukce NO_3^- (*dusitany*) na NO_2^- (*dusičnany*)
2. krok: redukce NO_2^- na NH_3 (*amoniak*)

listu (BEEVERS, HAGEMAN a WARNER, KLEINHOFs cit. MARSCHNER, 1995)



Příjem a transport dusíku v rostlinách

Hlavní způsob asimilace N = příjem nitrátů kořeny a jeho přeměna z anorganického N na organický N

Hlavní příjem, jako kationt NH_4^+ nebo aniont NO_3^- - v kyselějších půdách. Neutrálních až alkalických půdách – příjem obou forem je stejný, nebo převažuje mírně příjem NH_4^+

Limitující při příjmu a utilizaci N je redukce nitrátů **nitrátreduktázou (NR)**, která je regulována především množstvím přijatelného nitrátu.

Nitrátreduktáza je enzym, katalyzující v živých organismech redukci dusičnanových iontů na dusitanové.



Důležitým znakem nitrátreduktázy je to, že se jedná o indukovaný enzym a k jeho syntéze dochází jen tehdy, jsou-li dusičnany přítomny v cytoplasmě. Jeho aktivita je pozitivně ovlivňována intenzitou slunečního světla; naopak klesá s rostoucí teplotou okolí.

Příjem a transport dusíku v rostlinách

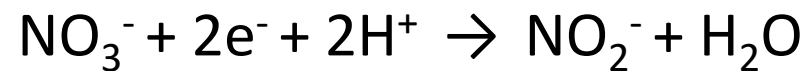
Rostliny mohou přijímat i amonný dusík NH_4^+ - ten mohou přímo využít k syntéze aminokyselin.

Po vstupu do rostliny je NO_3^- redukován:

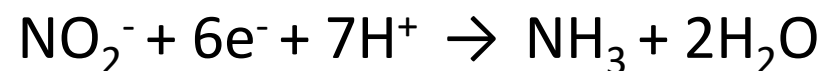
- Ihned v kořenech
- Později v listech

Stupně redukce a utilizace nitrátu:

1. Krok - za působení nitrogenreduktázy:



2. Krok - dále je NO_2^- redukován nitroreduktázou na NH_3



Vlivy na nitrátreduktázový systém

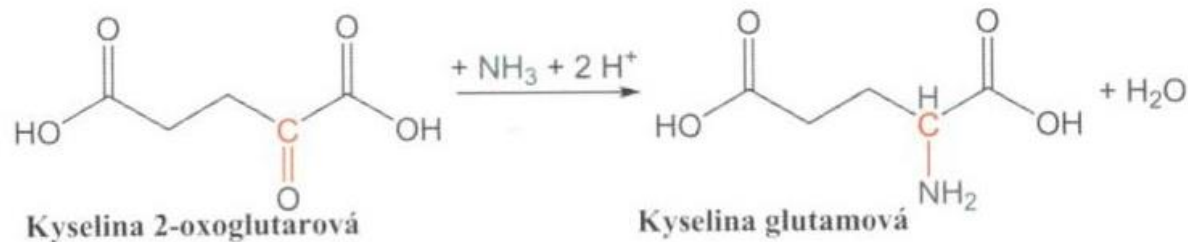
1. **Světlo** – aktivita nitrátreduktázy je potlačena ve tmě, i když je přítomen dostatek NO_3^-
2. **Teplota** – při vyšší teplotě se zvyšuje příjem NO_3^-
3. **Mikroprvky** – přítomnost Mo a Mn zvyšuje aktivitu nitrátreduktázy, protože se přímo účastní fotosystému II
Mg má také výrazný vliv na aktivitu NR

Nitrát, který vstupuje do cytosolu (vnitrobuněčné tekutiny) může být:

- Redukován na amonium
- Dočasně převeden do vakuoly
- Symplastem je transportován do xylému
- Pasivně se převádí zpět do kořenového systému

Příjem a transport dusíku v rostlinách

Vznikající NH_3 je vázán na organické kyseliny za vzniku amikokyseliny



Jako první AMK se tvoří kyselina glutamová a asparagová – z nich se tvoří další AMK

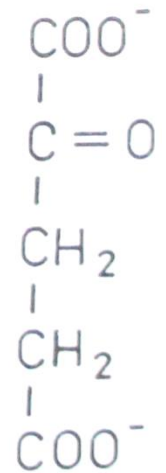
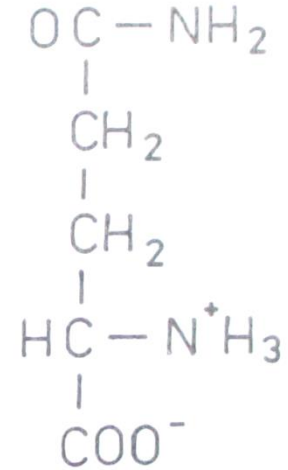
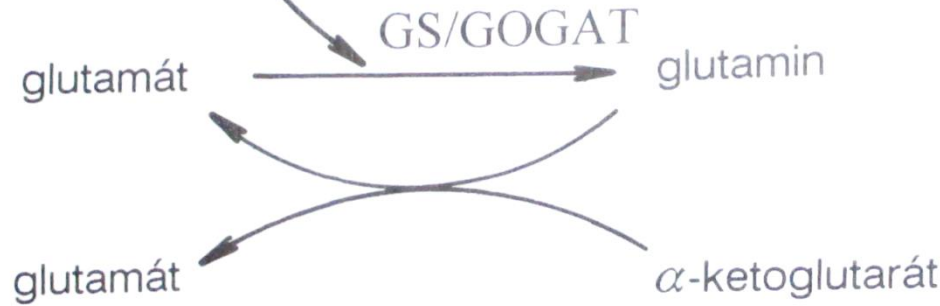
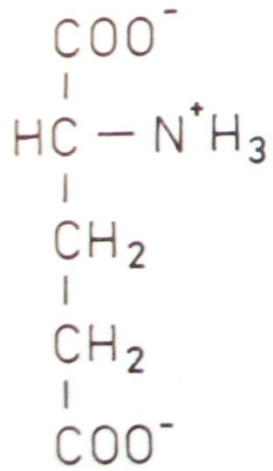
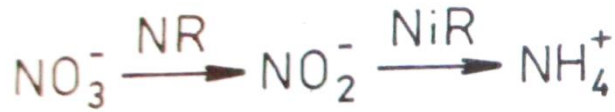
Zabudování amoniaku do aminokyselin – způsoby:

1. Při vyšších koncentracích NH_3 je funkční **glutamátdehydrogenáza**, která katalyzuje reakci α -ketoglutarátu
2. Při nižších koncentracích amoniaku - je systém **GS/GOGAT** je to účinnější systé

GS - glutaminsyntetáza

GOGAT - glutamátsyntetáza

Transport dusíku v rostlinách a jeho proměna na AMK



Využití N hnojiv rostlinou

NO_3^- - produkt nitrifikace, se může ztrácet vyluhováním a odtokem, které podle odhadů představují 19 % celkové aplikace dusíkatých hnojiv

NH_3 – ztráty amoniakálního N těkáním- celosvětově cca 18 %

Redukce příjmu N rostlinami – biologické inhibitory nitrifikace (BNI) – jsou uvolňovány kořeny (kořenové exudáty).

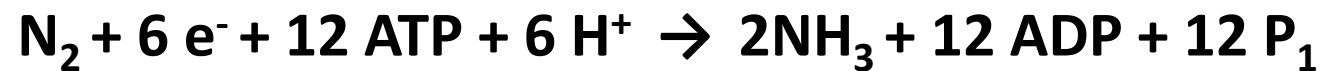
Nitrifikace

- Podmínky ovlivňující nitrifikaci:
- množství NH_4^+
 - pH půdy 5–8,5
 - vlhkost (v kapacitě do 70 %)
 - aerobní podmínky – dostatek kyslíku
 - teplota půdy 25–35 °C

Fixace atmosférického dusíku

Biologická fixace dusíku: schopnost některých organismů redukovat trojnou vazbu v molekule atmosférického N a začlenit jej do organické sloučeniny (amoniaku)

Tento proces probíhá za pomoci enzymu **nitrogenázy**, a za dodání energie z ATP



Díky této unikátní schopnosti bakterií, které umí fixovat dusík, s nimi mnoho jiných organismů vstoupilo do symbiózy - např. bobovité (fabaceae). Tyto symbiotické bakterie se často označují jako hlízkové bakterie, protože žijí v specializovaných orgánech – hlízkách.

Takto je možno dodat do půdy ročně desítky až stovky kg N.

Fixace atmosférického dusíku

Organizmy, které jsou schopny vázat vzdušný N - **diazotrofní organismy (11 čeledí bakterií a 8 sinic)**:

- 1) žijící volně v půdě – např. rod *Azotobacter*
- 2) žijící v asociaci s kořeny rostlin - aerobní (nebo mikroaerofilní) spirily - například rod *Azospirillum*
- 3) žijící v na kořenech bobovitých rostlin – rody *Rhizobium*

Fixace vzdušného N – především u bobovitých rostlin (*Fabaceae*).

Hlízka (nodul) = výrůstek / útvar, který se tvoří na kořeni. Je v něm vysoké množství **leghemoglobinu** (proto růžové zbarvení) – tento je nezbytný pro aktivizaci **nitrogenreduktázy**

Hlízková symbióza.

Tento typ symbiózy se objevuje především v čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Bobovité rostliny se často používají za účelem zvýšení obsahu dusíku v půdě.

Bakteriálním symbiontem (fixátorem dusíku) jsou bakterie, souhrnně zvané hlízkové bakterie (rhizobia). Známých je 57 druhů, nejznámější je rod *Rhizobium*

Rostlinné buňky obsahují váčky s bakteroidy, kterým jsou dodávány energeticky bohaté organické látky. Rostlina naopak přijímá NH_4^+ .

Hlízka (*nodul*) - je uměle vytvořený orgán na kořeni, který má vysoký obsah proteinu leghemoglobinu (růžové zbarvení) - je nezbytný při plnění funkce enzymu nitrogenázy.

Fixace vzdušného dusíku

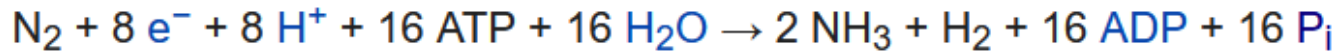
Fixace vzdušného N (diazotrofie):

- Schopnost rostlin redukovat trojnou vazbu v molekule atmosférického N a začlenit jí do amoniakální formy N (NH_4^+)

Reakce se odehrává v několika krocích:



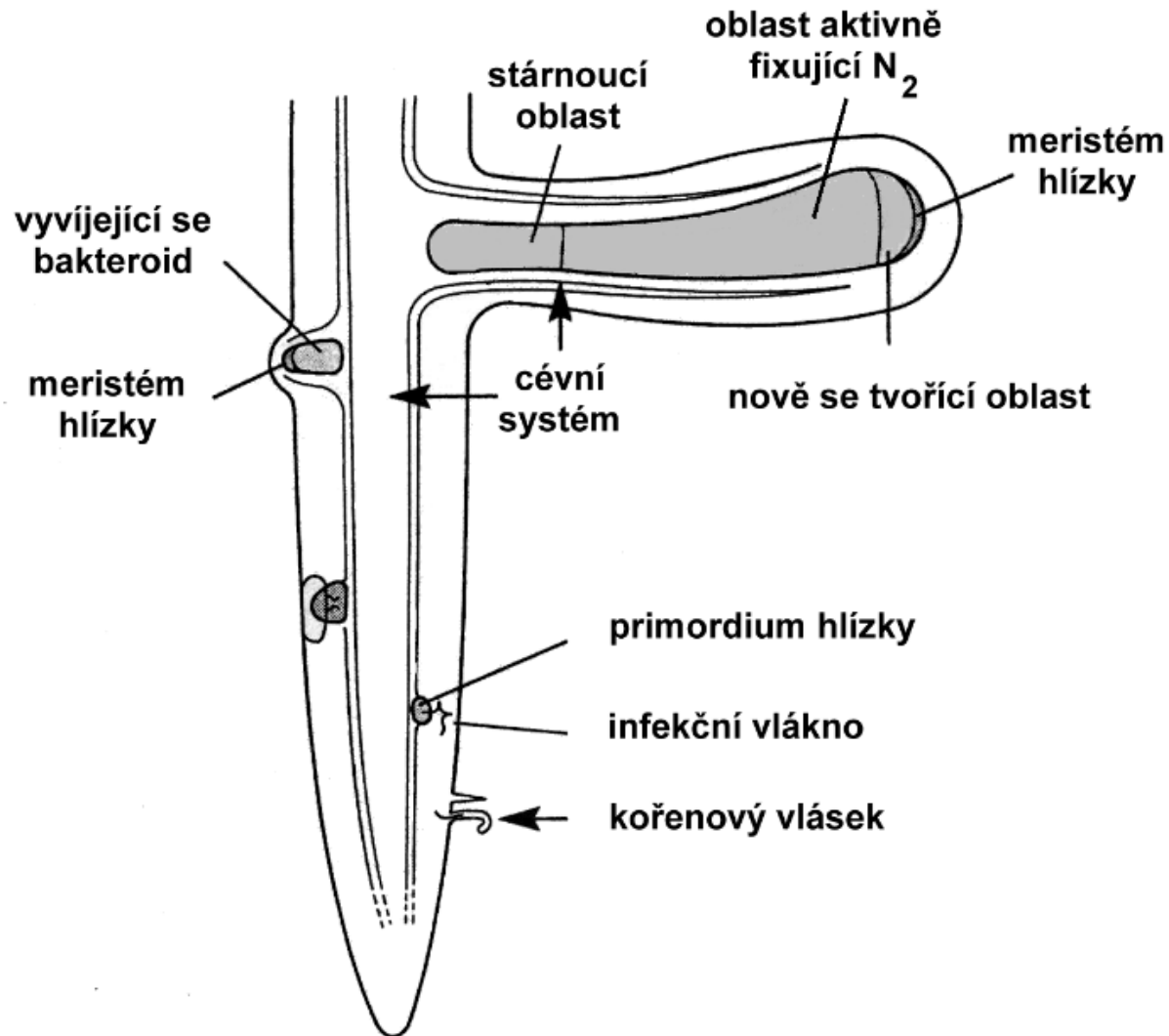
Reakci můžeme také zjednodušit a přidat do rovnice též energetickou potřebu ve formě ATP.



Amoniak – v rostlinách je toxický, proto se ihned zabudovává do formy aminokyselin (např. glutaminu) a pak je rozváděn po celé rostlině.

Při této chemické reakci je potřeba velké množství energie (16 molekul ATP) – až 20 % vyrobené energie.

Fixace vzdušného dusíku



Fixace vzdušného dusíku

Fixace vzdušného dusíku:

- **volná**
- **Symbiotická**

Volnou fixací se každý rok obohatí ha o 3-12 kg N (v průměru podle půdních podmínek 5-6 kg).

Symbiotickou fixací se u bobovitých váže na ha 50 - 120 kg N u luskovin, u vojtěšky a jetele 200-300 kg, výjimečně i více.

Očkování osiva: Očkovací látky obsahující živé kmény rhizobia se na evropském trhu prodávají buď ve vlhké pevné nebo kapalné formě. Hlavním cílem je aplikovat bakterie na osivo nebo půdu tak, aby zůstaly životaschopné a mohly „infikovat“ rostoucí kořeny vzcházejících rostlin sóji. Nejjednodušší způsob je koupit si již naočkované osivo. Nejběžnějším přístupem je použití kontaktního očkování osiva těsně před výsevem. Přípravky na bázi rašeliny (např. HiStick[®], LEGUMEFIX[®]) mohou být míchány ručně přímo v zásobníku sečky nebo pomocí stavební míchačky.

N (dusík)

Dusík se z atmosféry dostává do půdy pomocí fixace mikroorganismy, hnojivy, rostlinnými zbytky a ve formě spadů (v dešti).

Fixace vzdušného N = nejvýznamnější zdroj N v biosféře

Frakce dusíku v půdě (Bremner, 1965)

Frakce N	Celkový N (%)
1) Minerální N: NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+	1 - 10
2) Organický N (podle hydrolýzy v 6 mol/l HCl)	90 – 99
<u>2a) Organický dusík nehydrolyzovatelný</u> (často vázaný na aromatická jádra huminových kyselin apod.)	20 – 35
<u>2b) Organický dusík hydrolyzovatelný</u>	65 – 80
NH_4^+ - dusík uvolněný během hydrolýzy z amidů, aminokyselin a aminosacharidů	20 – 35
N z α' -aminokyselin	30 – 45
N aminosacharidů	5 – 10
zbytek N v hydrolyzátů (N purinových a pyrimidinových derivátů, N aminů, cholinu apod.)	10 - 20

N (dusík)

Distribuce N hnojiv po hnojení

	%
Využito rostlinami (nadzemní hmota)	40 – 60
Vázáno v organické hmotě v půdě	20 – 50
Minerální dusík	5 – 20
Ztráty denitrifikací a volatizací	2 – 30
Ztráty vyplavením	2 - 10

N (dusík)

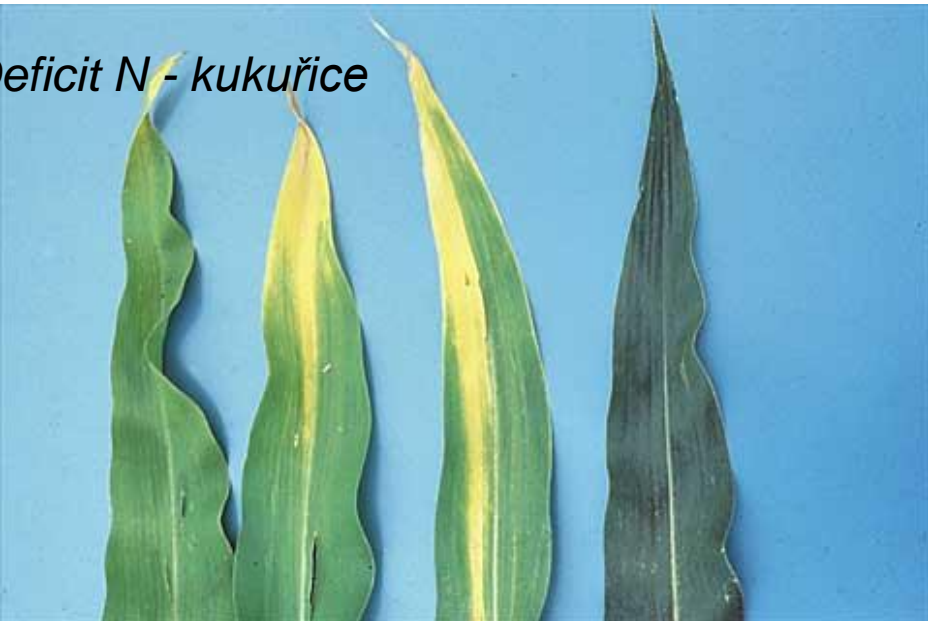
Symptomy deficitu

- Omezení růstu rostlin a tvorby všech podstatných orgánů (listy, stébla..)
- světlé, slabé a nevyrovnané rostliny
- předčasné opadávání listů, světlozelené až zažloutlé listy
- kratší klasy (u ječmene není vhodný příjem N v období formování zrna)
- dřívější dozrávání, snížená odnožovací schopnost
- omezená velikost zrn a semen, snížení obsahu NL v semenech, nižší olejnatost apod.

Deficit N – pšenice

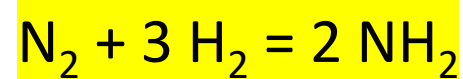


Deficit N - kukuřice



N hnojiva

N hnojiva, představují největší podíl hnojiv na zemědělském trhu – základ jejich výroby je syntéza amoniaku z vodíku a dusíku (Haber a Bosch, 1913)



- Výroba čpavku je ale energeticky velmi náročná (36 MJ/ kg NH₃)
- 4/5 čpavku se dále zpracuje na výrobu N hnojiv

Rozdělení N hnojiv

- s dusíkem nitrátovým (ledkovým, dusičnanovým) NO₃⁻
- s dusíkem amonným a amoniakálním NH₄⁺, NH₃
- s dusíkem amidovým (organickým) NH₂
- s dusíkem ve dvou i více formách NH₄⁺, NO₃⁻, NH₂
- pomalu působící.

N hnojiva

Ledek vápenatý (LV): 15 % N, 20 % Ca

- Účinná složka je dusičnan vápenatý $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- Z toho 14 % ve formě NO_3^- a 1,5 % ve formě čpavkové NH_4^+
- Granule o vel. 1 – 4 mm
- Zásadité hnojivo s rychlým účinkem
- N je pohyblivý a rostlinami dobře přijatelný
- Vhodný na kyselé půdy
- Dobře rozpustný ve vodě (používá se i k mimokořenné výživě – konc. 1-2 %)
- K rozpustnosti stačí i vzdušná vlhkost

N hnojiva

Síran amonný (SA): 21 % N, 24 % S

- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – N je v čpavkové formě
- V půdě se dobře rozpouští v půdní vodě
- Může docházet ke ztrátám N těkáním – únik čpavku do vzduchu (pokud nedojde k zapravení, nebo po srážkách a rozpuštění)
- V půdě podléhá amonný dusík nitrifikaci, avšak u síranu amonného je nitrifikace N pomalejší
- Hnojivo má okyselující charakter
- Hnojivo vhodné pro základní hnojení- předseťově

N hnojiva

Dusičnan amonný (DA): 34 % N – syn. ledek amonný

- NH_4NO_3 – N je ve dvou formách
 - 17 % amonného N
 - 17 % nitrátového N
- Výhoda obou forem = NH_4^+ je sorbován půdními koloidy a má omezenou pohyblivost, zatímco NO_3^- je v půdním roztoku a rostliny ho mohou ihned přijímat
- Jedná se o univerzální hnojivo
- Vhodný pro přihnojení během vegetace
- Forma krystalů, nebo granulí
- Bezpečnostní klasifikace – hořlavina a výbušnina
- Je hlavní surovinou pro výrobu ledku amonného, síranu vápenatého
...

N hnojiva

Ledek amonný s vápencem (LAV): 26-27 % N

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$
 - 13 % amonného N
 - 13 % nitrátového N
- Je vyráběn i s přidavkem Mg a S
- Po přidání inertních látek je z hlediska bezpečnosti bezproblémový
- Nejpoužívanější N hnojivo u nás
- Použití: předseťově i během vegetace, vč. přihnojení na list (1-5 %)

N hnojiva

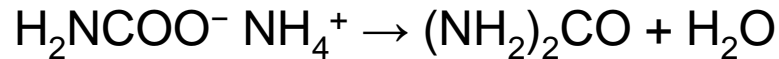
Močovina (MO): 46 % N

- $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Vyrábí se z amoniaku a oxidu uhličitého

První reakce je exotermní:



Druhá je endotermní:



Obě reakce dohromady jsou exotermní.

- Amid kyseliny uhličitě
- V půdě velmi pohyblivá, vlivem enzymů ureázy a bakterií v půdě se štěpí na amoniak a kyselinu uhličitou
- Podmínka aplikace: rychlé zapravení do půdy
- Dochází k částečným ztrátám těkáním čpavku
- Vhodné hnojivo pro předseťovou aplikaci

N hnojiva

DAM 390 (DAM): 39 % N hmotnostní, nebo 30 %objemové %

- Je to vodný roztok dusičnanu amonného (42,2 %) NH_4NO_3 a močoviny (32,7 %) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Celkem: $\frac{1}{2}$ N – amidická forma NH_2
 $\frac{1}{4}$ N amonná forma NH_4
 $\frac{1}{4}$ N nitrátová forma NO_3
- Aplikace: zapravením do půdy (kvůli čpavku), nebo listová aplikace
- Vhodné hnojivo pro jarní regeneraci plodin a intenzivní růst (NE předseťově)

Přepočty z oxidů na prvky a naopak

P x 2,99	= P ₂ O ₅	x 0,44 =	P
K x 1,20	= K ₂ O	x 0,83 =	K
Ca x 1,40	= CaO	x 0,71 =	Ca
Mg x 1,66	= MgO	x 0,60 =	Mg

P (fosfor)

- Obsah P v půdě: 0,01 – 0,15 % (vyšší u půdy v větším obsahu org. hmoty)
- převážná část P v půdě je pro rostliny nepřijatelná (příjem prostřednictvím H_3PO_4 , příp. $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a HPO_4)

Snížený příjem P: při nízkých teplotách, v počátku vegetace (závisí to na velikosti kořenové soustavy)

Příjem P listy: omezený (relativně pomalu proniká povrchem listů)

Aplikace P – zásobně, předsetově

Odběr P rostlinami: 20 – 40 kg P/ha

Význam:

- je stavební prvek nukleových kyselin
- je důležitý pro přenos energie
- součást důležitých kofaktorů enzymů
- aktivátor meziproductů v řadě biosyntéz (např. v biosyntéze aminokyselin při tvorbě bílkovin atd.)

P (fosfor)

Deficit:

- nedostatek je zřetelná méně často než u N
- nedostatečný příjem podporuje chladné a suché počasí
- menší, úzké a vzpřímené listy
- barevné změny – tmavě zelený, načervenalý až fialový nádech (antokyanové zbarvení) = snížená tvorba chlorofylu a zpomalený růst rostlin
- projevy zejména na jaře (rostliny rostou, ale nízké teploty neumožňují plný příjem P)
- omezená odnožovací schopnost



Zdroje P

Minerální formy P:

- Primární fosforečné minerály (apatity) - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)$
- Sekundární vysrážené a adsorbované fosforečnany – např. CaHPO_4

Minerální formy P – za ideálních podmínek mohou uvolňovat P do půdního roztoku a tím zajistit výživu rostlin.

Mobilita P v půdě – je málo mobilní při nízkých teplotách

Organické formy P:

- Tvoří 30 – 50 % celkového P v půdě
- Podstatnou část P tvoří fytin a dále fosfolipidy, nukleové kyseliny, nukleoproteidy a další

P hnojiva

Jednoduchý superfosfát (SP): 8 % P

- Granule o vel. 1 – 6 mm
- Dále obsahují (kromě P): 20 % Ca a 10 % S
- Fosfor je zde dobře rozpustný ve vodě
- Použití: pro předsetřovou přípravu

Trojité seperfosfát (TSP): 20-21 % P

- Téměř veškerý fosfor je vodorozpustný ve formě $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
- Má stejné vlastnosti jako jednoduchý superfosfát

P hnojiva

Hyperkorn + magnezium (HFP): 11,5 % P + 1,8 % Mg

- Vyrábí se mletím přírodních fosfátů a následným granulováním
- Obsahuje i 36 % Ca!!!
- Fosfor se uvolňuje do půdy pozvolně

K (draslík)

- Obsah K v půdě: 0,5 – 3,2 %
- příjem: jako kationt K^+

Draslík zasahuje do celé řady metabolických procesů. Významná je jeho účast v procesu fotosyntézy a dýchání, kde má dominantní postavení ve světelné fázi.

- Vysoká koncentrace K – v mladých rostlinách, pak se jeho obsah snižuje
- např. u obilnin ve 2. polovině vegetace – příjem K se zastavuje, část K může být dokonce zpětně vylučována kořeny do půdy
- K je v rostlině dobře pohyblivý

K (draslík)

Deficit:

- Narušení vodního režimu listů, popř. celých rostlin, povadlý vzhled
- okrajová nekróza listů (tzv. symptom „spálených listů“)
- žloutnutí a odumírání pletiv
- omezení fotosyntézy
- snížená odolnost vůči houbovým chorobám
- **opad a žloutnutí spodních listů rostlin**



K (draslík)

K se nachází v půdě v podobě primárních a sekundárních křemičitanů.

Nachází se ve formách:

1) Nevýměnný K: v minerálech jako křemičitany, živce, slídy..

- Tento K se uvolňuje postupně zvětráváním minerálů
- Rostlinami není využíván z důvodu fixace v minerálech

2) Výměnný K: představuje ho kationt K^+ - ten je vázán v půdním sorpčním komplexu a může být „vyměněn“ za jiný kationt

- Výměnný K je hlavní formou přijatelného K pro rostliny
- Tvoří 3 – 4 % kationtové výměnné kapacity půdy

3) Vodorozpustný K: je přímo v půdním roztoku – je to okamžitě přijatelný K pro rostliny

- konc. v půdním roztoku = 10 – 20 mg K/l

K (draslík) v rostlině

K je přijímán jako kationt K^+

- Při nižších koncentracích K v půdě – převažuje aktivní transport
- Při vyšších koncentracích K v půdě – převažuje pasivní transport

Při vysoké koncentraci K v rostlině – dochází k omezení příjmu jiných kationtů – Ca, Mg

Obsah K v rostlinách: 1,5 – 3,5 % v sušině

Obsah K postupně v rostlinách klesá, u obilnin se ve 2. polovině vegetace zastavuje a K je i vylučován kořeny zpět do půdy.

K není v rostlinných pletivech pevně vázán

K (z důvodu, že se nachází zejména v iontové formě) – výrazně ovlivňuje v rostlinách osmotický tlak, tím i turgor buněk a následně hospodaření s vodou. Podporuje příjem vody, její transport a průchod z parenchymu do xylému. K funguje jako tzv. „iontová pumpa“

K také ovlivňuje činnost průduchů a hospodaření s vodou

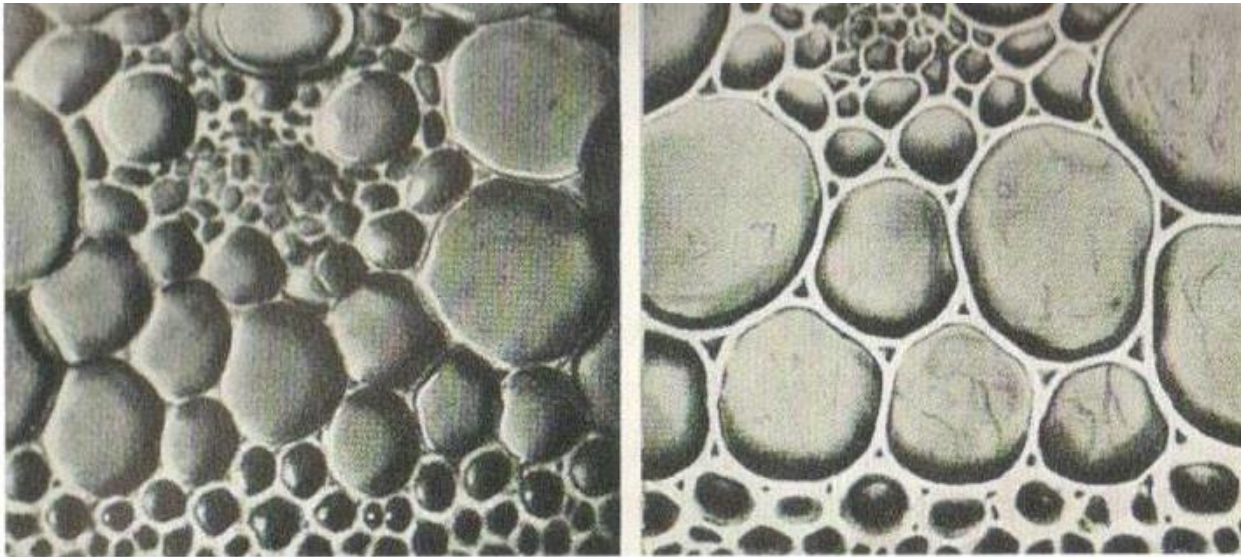
K (draslík) v rostlině

K ovlivňuje aktivitu enzymů a fotosyntézu.

Vliv K na anatomickou stavbu rostlinných pletiv

- nedostatek K

- dostatek K



K hnojiva

Draselná sůl (DS): 50 % K

- Ve formě granulované i krystalické
- Jedná se o technický chlorid draselný – KCl
- Obsahuje 47 % Cl + malé množství Ca
- Používá se předsetově, s opatrností se používá u plodin citlivých na Cl (např. brambory)

Kamex (KX): 33 % K + 3,6 % Mg

- Podobné vlastnosti a použití jako draselná sůl

K hnojiva

Magnesia-kainit (KA): 7,5 – 9,1 % K + 2,5 % Mg

- Dále obsahuje 8-10 % S, 15 % Na a 29 % Cl
- Kvůli nízkému obsahu K a vysokému obsahu Ca je vhodné pro travní porosty a píce (pastevní porosty)

Síran draselný (SD): 42 % K

- K_2SO_4 – kvalitní hnojivo v krystalické, nebo granulované formě
- Vysoká cena hnojiva, proto je vhodné pro plodiny citlivé na Cl – tj. chmel, vinná réva, rajčata, cibule, hrách, brambory

S (síra)

Zdroj síry: půdní zásoba (zbytky rostlin, kořeny, emise SO_2)

Příjem S: jako SO_4^{2-}

Deficit S:

- Omezení syntézy bílkovin a enzymů, snížená fotosyntetická asimilace, žloutnutí listů (od nejmladších směrem k starším) – první příznaky jsou vždy na vrcholové části rostlin
- snížená odolnost rostlin vůči patogenům



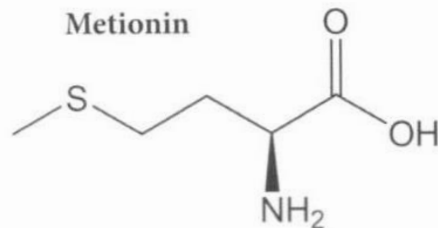
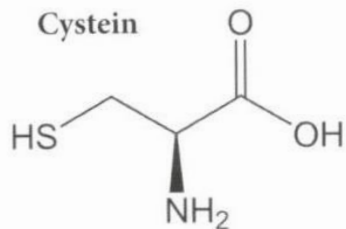
S (síra)

Obsah S v půdě = 50 – 500 mg S /kg

- Až 98 % S je ve formě organických sloučenin a to ve formě:

- 1) Sloučeniny S v oxidovatelné formě – estery kyseliny sírové.
Uvolnění SO_4^{2-} - za působení enzymu sulfatáza
- 2) Sloučeniny S v redukované formě – zdrojem jsou aminokyseliny
(methionin a cystein)

Aminokyseliny obsahující síru



S (síra) v rostlinách

Rostliny využívají síru ve formě SO_4^{2-} , příjem probíhá také z emisí ve formě SO_2 (až 30 % příjmu S)

V rostlinách dochází k redukci síranu na H_2S

U vyšších rostlin je prvním krokem k využití S, její zabudování do organických sloučenin aktivace síranu adenosintrifosfátem (ATP).

Z důvodu přítomnosti S v cysteinu a methioninu – S je důležitou součástí bílkovin

S hnojiva

Síran amonný – 21 % N a 24 % S

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - obsahuje N v čpavkové formě

Síran draselný – 50 % K_2O (tj. 41 % K) a 18 % S

- Hnojivo je drahé, používá se při pěstování zeleniny

Thiosíran amonný - kapalná forma hnojiva se sírou - jako 60 % vodný roztok obsahuje 12 % N a 26 % S. Aplikovat jej lze přímo na půdu nebo se závlahovou vodou na list. V půdě se rozkládá na přibližně stejné množství síranů a elementární síry.

Dalšími zdroji síry mohou být také thiosíran draselný (25 % K, 17 % S) a thiosíran vápenatý

Ca (vápník)

- Obsah Ca v půdě: 0,15 (až 10 % na karbonátových půdách)
 - Ca se nachází v půdě v těžko rozpustných sloučeninách - nejčastěji vápenec, dolomity, minerál anortit
 - Vápenec se vlivem CO_2 rozpouští na hydrogenuhličitan
- $$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$$

- Ca má zásadní vliv na půdní reakci (pH) – stabilizující prvek

- Vápník sehrává důležitou úlohu v metabolismu

Příjem Ca rostlinou:

- Ca je převažujícím kationtem v půdním roztoku (kation Ca^{2+})

Potřeba Ca:

- jednoděložné rostliny – nižší potřeba Ca (nízké nároky)
- dvouděložné rostliny – vyšší potřeba Ca

Ca (vápník)

Deficit:

- Zbělení vrcholu listů a růstových vrcholů
- zlomení stonků a květenství
- snížená tvorba kořenů a zakořeňování
- odumírání starších kořenů
- zhoršená skladovatelnost a skvrnitost u dužinatých plodů (jablka..)



Ca hnojiva

Pálené vápno (PV): 57 – 60 % Ca

- Získává se pálením vápence ve vápenkách (při t. 1000 C)
- Konzistence – mletý prach
- Chemicky- oxid vápenatý a oxid hořečnatý
- Obsah Mg do 6 %
- Oxid a hydroxid vápenatý působí jako žíravina, může poškodit pletiva rostlin, proto se používá výhradně mimo vegetaci rostlin!
- Má silný alkalický účinek
- Aplikace – rovnoměrně aplikovat a zaorat do půdního profilu

Ca hnojiva

Mletý vápenec (MV): 30 – 38 % Ca

- Získává se rozemletím přírodního vápence
- Obsahuje 70 – 90 % CaCO_3
- Obsahuje hořčík ve formě MgCO_3 a množství 0 – 46 %
- Působení vápenců je pozvolné

Mg (hořčík)

Obsah Mg v půdě: 0,4 – 0,6%

Příjem rostlinami: jako Mg^{2+} (převážně pasivní příjem)

- Příjem je během celé vegetace, vrcholí však na konci vegetace

Význam:

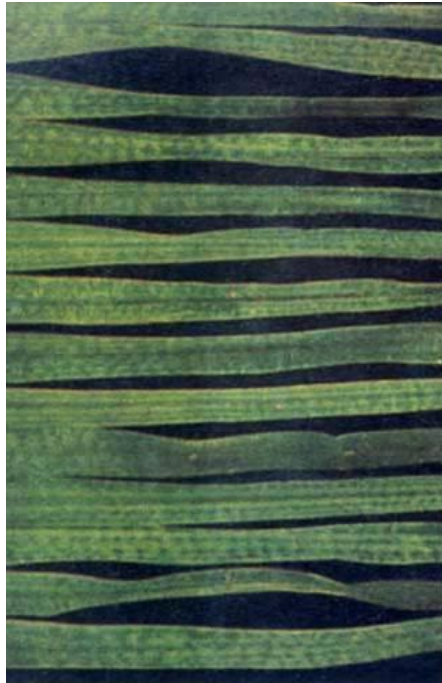
- Mg zasahuje do celé řady enzymatických procesů v rostlině

- Mg je součástí chlorofylu (význam při fotosyntéze)

Mg (hořčík)

Deficit:

- Omezení tvorby nového chlorofylu a zvýšený rozpad „stávajícího“ chlorofylu
- korálková mozaika (obilniny), nebo pruhovitost (kukuřice)
- chloróza listů u 2-děložných rostlin
- viditelná žilnatina listů
- zpomalení růstu



Fe (železo)

Obsah Fe v půdě: cca 2 % (většina půd u nás – dostatek Fe)

Příjem rostlinami: jako Fe^{2+} a Fe^{3+} , Fe^+ v chelátové vazbě

Transport Fe: omezený, zejména v podobě citrátu

- Fe je nezbytnou složkou celé řady enzymových systémů

-Většina přijatého železa se soustřeďuje do chloroplastů, kde dosahuje až 90% celkového Fe listu. Zde je chelátově vázané v porfyrinové struktuře **Deficit:** - poruchy tvorby chlorofylu (chlorózy)

- Žloutnutí vrcholových částí listů

-Nedostatek Fe je většinou vázán na alkalické půdní prostředí

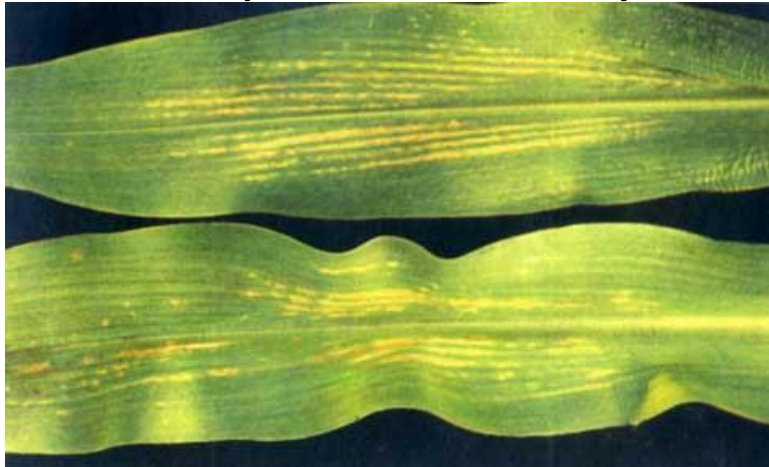


Mn (mangan)

- **Výskyt** Mn v půdě: jako Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+}
- **Příjem** Mn rostlinami: pouze ionty Mn^{2+}
- **Pohyblivost** Mn v rostlinách: omezená, postřik Mn má význam zejména v období intenzivního růstu
- **Nároky** na Mn: vyšší u rostlin vyžadujících nižší pH půdy

V biochemických funkcích je podobný hořčíku. Zvláště významná je jeho funkce fotosyntetického transportu elektronu (při fotolýze). Má vliv na syntézu vitamínů (např. C)

Deficit: U lipnicovitých – hnědavé protáhlé skvrny na listech, u kukuřice – chlorotické protáhlé skvrny



Zn (zinek)

Výskyt v půdě: jako Zn^{2+} , příp. $ZnOH^+$

Pohyb zinku v rostlině: jako Zn^{2+} a je poměrně malý

Příjem Zn negativně ovlivňuje: vysoký obsah P a vyšší hodnota pH půdy

Důležitou úlohu hraje zinek při regulaci metabolismu nukleových kyselin. Zinek inhibuje aktivitu ribonukleázy v rostlinných pletivech. Při nedostatku zinku stoupá aktivita ribonukleázy.

Zinek je napojen na metabolismus aminokyselin a bílkovin. Zinek je nezbytný jako aktivátor při tvorbě tryptofanu. Vzhledem k tomu, že zinek ovlivňuje tvorbu tryptofanu nepřímo ovlivňuje i tvorbu indolových auxinů. Zinek ovlivňuje i tvorbu giberelinů. Při nízké hladině pozitivně a při vysoké hladině negativně.

Deficit: zejména u kukuřice – bělavá žilnatina, zakrnělý růst, listy na vegetačním vrcholu jsou stočené, stonek praská, poškození funkce chloroplastů a snížila se intenzita fotosyntézy



Cu (měď)

Výskyt v půdě: jako Cu^{2+}

Příjem rostlinami: jako Cu^{2+} , rostliny mají malé nároky na Cu

Vysoké nároky na Cu: oves, ječmen a pšenice

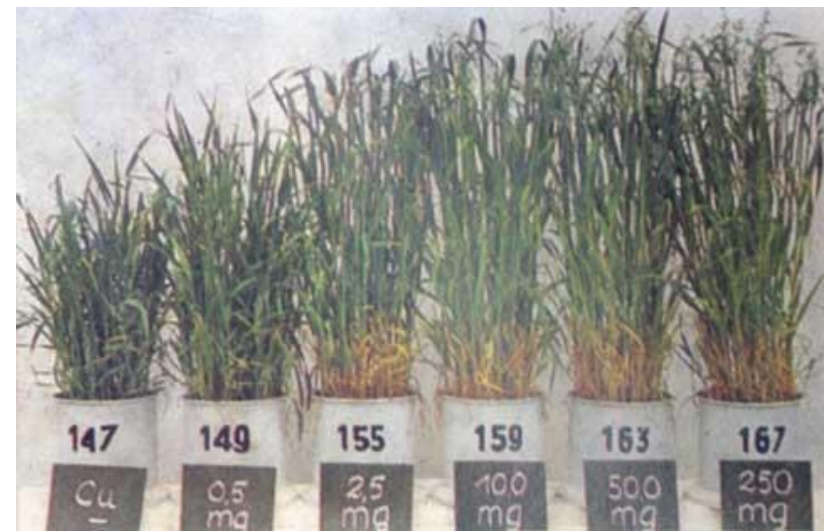
Menší nároky na Cu: žito, len a leguminózy, nejméně citlivé - brambory.

Měď potřebují vikvovité rostliny také k symbiotické fixaci N_2

Deficit: - Zejména u obilnin – tvorba zrna – snížená HTZ a tvorba zrn

- v pozdějším období ontogeneze dochází k postupnému odumírání apikálních listů, jejich zasychání a změně barvy do silně žlutého odstínu, zastavení růstu, pokles turgoru a vadnutí

Takto jsou postiženy především staré listy, protože měď je ze starých listů transportována do mladých.



STATKOVÁ - ORGANICKÁ HNOJIVA

- Digestát (?)
- Hnůj
- Hnojůvka
- Kejda
- Sláma
- Jiné zbytky rostlinného původu vznikající v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány

Jedná se o hnojiva, ve kterých hlavní složku tvoří organické látky rostlinného nebo živočišného původu (sacharidy, celulóza, hemicelulóza, lignin, aminokyseliny, bílkoviny, auxiny aj.), které nelze v souvislosti se zvyšováním půdní úrodnosti nijak nahradit. Hlavní jejich význam spočívá tedy v tom, že z nich v půdě vzniká humus a půdní zásoba živin.

STATKOVÁ HNOJIVA - VÝZNAM

Statková hnojiva jsou univerzálními hnojivy. Obsahují kromě organických látek všechny rostlinné živiny a některé z nich i mikroorganismy a řadu biologicky aktivních látek. Jsou to hnojiva objemná s nízkým obsahem živin a vysokým obsahem vody a půda po delší dobu jimi nehnojená ztrácí svou úrodnost a klesají výnosy.

Statková hnojiva umožňují lepší využití živin z minerálních hnojiv i z půdní zásoby. Statkovými hnojivy dodáváme do půdy asi 30 % N, P, K, Ca, Mg potřebných ke tvorbě výnosů.

Jsou zdrojem živin, energie i uhlíku pro půdní mikroorganismy, podmiňující biologickou činnost půdy.

STATKOVÁ HNOJIVA - VÝZNAM

Ovlivňují agrochemické vlastnosti půd, sorpční a iontovýměnné procesy v půdě. Humusové látky vykazují vysokou sorpční schopnost pro živiny (6 – 7x vyšší než koloidy minerální).

Statková hnojiva dodávají půdě schopnost lépe jímat vodu a pomáhat tak rostlinám překonávat období sucha.

Statková hnojiva ovlivňují další půdní vlastnosti, jako je tvorba drobtovité struktury, úprava poměru vzduchu a vody v půdě, zvýšení sorpční schopnosti a ústojčivosti půdy.

Statková hnojiva mají příznivý vliv na obsah přijatelného fosforu v půdě a mohou působit pozitivně na detoxikaci cizorodých prvků

DIGESTÁT

Digestát je odpad z biostanice, z něž byly při výrobě metanu spotřebovány organické složky pro efektivní výrobu metanu.

Digestát je vedlejší produkt z anaerobní digesce, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů.

Ačkoliv se může zdát, že jde o organické hnojivo, které obsahuje snadno přístupné rostlinné živiny a relativně vysoký poměr C/N, jsou v digestátu příměsi, které se v půdě rozkládají delší dobu.

Digestát a jeho použití

- Tekutý zbytek po metanogenezi ve fermentoru
- Cenné organické hnojivo (úspora v nákupu hnojiv)
- Obsah živin v substrátu ovlivňuje obsah živin v digestátu
- Nakládání s digestátem – řízeno podle stejné vyhlášky, která platí i pro statková hnojiva
- Dusík se mění na amoniakální formu (cca 20 % N) – nebezpečí vypařování
- Obsah P, K, Ca a Mg se nemění
- Antiseptické účinky, snížení zápachu, klíčivosti semen a nálezových bakterií (vliv na kejdu)

Substrát	N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)
Kejda HZ	4,4 – 6,8	0,74 – 1,60	2,6 – 5,7
Siláže (kukuřice, trávy)	4,1 – 10,0	0,72 – 1,50	4,2 – 14,0

Změny v digestátu během fermentace

Ukazatel	Před fermentací (kg/t)	Po fermentaci (kg/t)	Změna (%)
Organické látky	39,3	14,4	- 51 %
Sušina	37,8	22,2	- 41 %
N	3,05	3,12	+ 2 %
C:N (krátkodobý hnoj.účinek)	4,80 : 1	2,31 : 1	- 52 %
Amoniak	1,76	2,28	+ 30 %
S	0,13	0,11	- 13 %
P ₂ O ₅	1,01	0,66	- 34 %
K ₂ O	2,08	2,44	+ 17 %

Zdroj: Dostál (2008)

CHLÉVSKÝ HNŮJ

- je zušlechtěná směs podestýlky s tuhými a tekutými výkaly hospodářských zvířat. Chlévská mrva je substrát nezušlechtěný, tj. získaný po vyvezení stájí. Teprve fermentací (zráním) z ní vzniká chlévský hnůj

Chlévský hnůj má pro půdní úrodnost tento význam:

- obohacuje půdu o snadno rozložitelné uhlíkaté a dusíkaté látky, které jsou zdrojem energie, CO_2 a přijatelných forem dusíku i ostatních živin.
- obsahuje v sušině asi 1 – 2 % mikroorganismů, které příznivě ovlivňují biologickou půdní činnost.
- obsahuje růstové látky, hlavně heteroauxin.
- prostřednictvím org.l. zlepšuje fyzikální a fyzikálně chemické vlastnosti půdy

CHLÉVSKÝ HNŮJ

SLOŽENÍ CHLÉVSKÉHO HNOJE

Obsah organických látek, sušiny a živin v chlévském hnoji závisí na použitém krmivu, druhu hospodářských zvířat, podestýlce a způsobu ošetřování chlévské mrvy.

- Voda	75 – 80 %
- Sušina	20 – 25 %
- Organické látky	18 %
- N celkový	0,40 – 0,60 %
- P	0,15 – 0,25 %
- K	0,60 – 0,70 %
- Ca	0,40 – 0,60 %
- Mg	0,0,5 – 0,10 %

CHLÉVSKÝ HNŮJ

Dusík je přítomen ze 70 % v organické formě, 29 % činí N – NH₄ a 1 % N – NO₃

Zrání chlévské mrvy ve hnůj je složitý biochemický proces, při kterém jednotlivé komponenty podléhají částečnému odbourávání činností mikroorganismů, zejména bakterií, aktinomycet a plísní.

O intenzitě odbourávání rozhoduje přístup vzdušného kyslíku, teplota a vlhkost prostředí.

V aerobních podmínkách postupuje odbourávání organických látek mnohem rychleji než bez přístupu vzduchu, čímž dochází k velkým ztrátám.

ZÁSADY PRO POUŽITÍ CHLÉVSKÉHO HNOJE

Ke hnojení se používá hnůj dobře vyžralý obvykle 1x za 3 – 4 roky v průměrné dávce 30 – 35 t . ha⁻¹. Má-li být optimálně využit, je nutné, aby byl rovnoměrně aplikován na pozemek a ihned orbou zapraven do půdy, jinak dochází ke ztrátám. Zaorávka se provádí na těžkých půdách mělčeji, na lehkých hlouběji.

Dávky hnoje:

- Obiloviny: 20 do 50 t . ha⁻¹
- Okopanina 20 t. ha⁻¹
- Jednoleté pícniny a olejniny: 25 – 30 t. ha⁻¹
- zeleniny 40 t. ha⁻¹

KEJDA

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu se může jednat o kejdu skotu, prasat a drůbeže. Kejda vzniká v bezstelivových provozech.

Důležitým kvalitativním znakem kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 do 15 %.

Živiny obsažené v kejdě jsou pro rostliny snadno přístupné, 50– 60 % dusíku je ve formě amoniakální.

Složení kejdy:

- Sušina 7 – 8 %
- Organické látky 6 %
- N celkový 0,30 – 0,50 %
- P / K / Ca: 0,10 / 0,40 / 0,05 %

KEJDA

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu se může jednat o kejdu skotu, prasat a drůbeže. Kejda vzniká v bezstelivových provozech.

Důležitým kvalitativním znakem kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 do 15 %.

Živiny obsažené v kejdě jsou pro rostliny snadno přístupné, 50– 60 % dusíku je ve formě amoniakální.

Složení kejdy:

- Sušina 7 – 8 %
- Organické látky 6 %
- N celkový 0,30 – 0,50 %
- P / K / Ca: 0,10 / 0,40 / 0,05 %

KEJDA

SKLADOVÁNÍ KEJDY

Kejdový provoz vyžaduje některá speciální technická zařízení, jehož základem je skladovací kejdová jímka. Kvalitní uskladnění kejdy je nedílnou součástí účelného využití kejdy k přímému hnojení.

ZÁSADY POUŽITÍ KEJDY

Kejda by se měla používat homogenizovaná hlavně k přímému hnojení.

Hnojení kejdou je vhodné kombinovat se zaorávkou slámy nebo zeleného hnojení, případně v trojkombinaci

Dávky kejdy se volí podle obsahu dusíku popř. draslíku v hnojivu a podle nároků pěstovaných plodin (kukuřice na zrno 75 t . ha⁻¹, obiloviny 30 t . ha⁻¹)

MOČŮVKA

Močůvka je prokvašená moč ustájených hospodářských zvířat zředěná vodou. Patří mezi stájová hnojiva, i když obsah organických látek v ní je nízký, ale z hlediska obsahu živin je hodnotným dusíkato-draselným hnojivem.

- Sušina: 1 - 2 %
- Organická hmota: 1,0 %
- N: 0,2 %
- P: 0,02 %
- K: 0,30 %

MOČŮVKA

SKLADOVÁNÍ MOČŮVKY

Přímé použití moče je riskantní (obsahuje org.kyseliny, které mohou poškodit rostliny), proto se ukládá do močůvkových jímek, kde dojde k odbourání škodlivých látek a k omezeným ztrátám dusíku. Čím rychleji odtéká moč nezachycená ve stelivu do skladovacích jímek, tím méně je infikována bakteriemi z výkalů a podestýlky. Ty totiž rozkládají org. látky a hlavně močovinu, čímž vznikají především ztráty dusíku.

Minimální skladovací doba činí 6 měsíců.

KOMPOSTY

Komposty jsou organická hnojiva, která definujeme jako směs organických látek a zeminy, oživenou užitečnou půdní mikroflórou, v níž probíhají nebo proběhly humusotvorné procesy.

Kompost se zakládá na utužené a urovnané ploše. Důkladné promíchání org. hmoty se provádí buď ihned při zakládání kompostu, nebo po předchozím uložení do vrstev pomocí mechanizačních prostředků. Před vyschnutím chráníme kompost zálivkou (kejdou, močůvkou, vodou) tak, aby zrání probíhalo při teplotě zhruba $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ uvnitř hromady (teplota by neměla překročit $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) – zálivka 3x – 4x během zrání, které trvá obvykle 3 – 4 měsíce. Během této doby je materiál třeba alespoň 1 – 2x překopat. Pokud použijeme těžce rozložitelnou org. hmotu, zrání trvá 1 – 2 roky.

KOMPOSTY

Složení kompostu:

- vlhkost 40 – 60 %, pH 6,0 – 6,5
- minimální obsah organické hmoty 20 %
- obsah organických látek v sušině 50 – 82 %
- dusík nad 2 %
- fosfor nad 0,65 %
- draslík nad 1,25 %
- vápník + hořčík nad 4,5 %

Kompost se používá ke všem plodinám náročným na organické hnojení, dávky volíme od 20 do 100 t; střední dávka je 30 – 40 t jako u hnoje.

ZELENÉ HNOJENÍ

Zeleným hnojením rozumíme zaorávání zelených rostlin, které byly na daném pozemku k tomuto účelu vypěstovány s cílem obohatit půdu o organickou hmotu a živiny.

Patří k nejefektivnějším způsobům náhrady organických látek do půdy.

Přísun organických látek, dusíku a popelovin zeleným hnojením

Druh zeleného hnojení	zelená hmot t . ha ⁻¹	org. látky t . ha ⁻¹	N kg . ha ⁻¹	popeloviny kg . ha ⁻¹
Vlčí bob (hl. plodina)	23	3,2	115	195
Vlčí bob (strn. plodina)	13	2,8	95	120
Seradella (podsev)	15	2,1	100	200
Peluška (strništní)	14	2,2	70	180
Jetel žlutý (strništní)	15	2,8	95	175

ZPŮSOBY POUŽITÍ ZELENÉHO HNOJENÍ

1. Jako **hlavní plodina** – tento způsob se používá se výjimečných případech, protože v roce hnojení dochází ke ztrátě výnosu. Jeho využití připadá v úvahu při rekultivaci devastovaných půd, při odvodňování pozemků, na místech příliš vzdálených od středisek živočišné výroby nebo při nedostatku organických hnojiv. Nejčastěji se pěstuje luskovino-obilní směska, hořčice bílá, komonice aj.

2. Jako **meziplodina**

- formou ***podsevu do krycí plodiny*** – doporučuje se tam, kde je dostatek srážek hlavně po sklizni krycí plodiny.

- jako **strništní meziplodina** – vhodný způsob v oblastech s časným nástupem žní a na zaplevelených pozemcích.

c. jako **podplodina (podkultura)** – pěstuje se v sadech, vinicích (víceleté kultury).

Jarní ječmen

Ječmen jarní přijímá během vegetace poměrně velké množství živin

Vedle vysoké spotřeby N, P, K odčerpá také značné množství Ca, Mg a ostatních prvků.

1 tuna zrna ječmene jarního a odpovídajícího množství slámy se odčerpá:

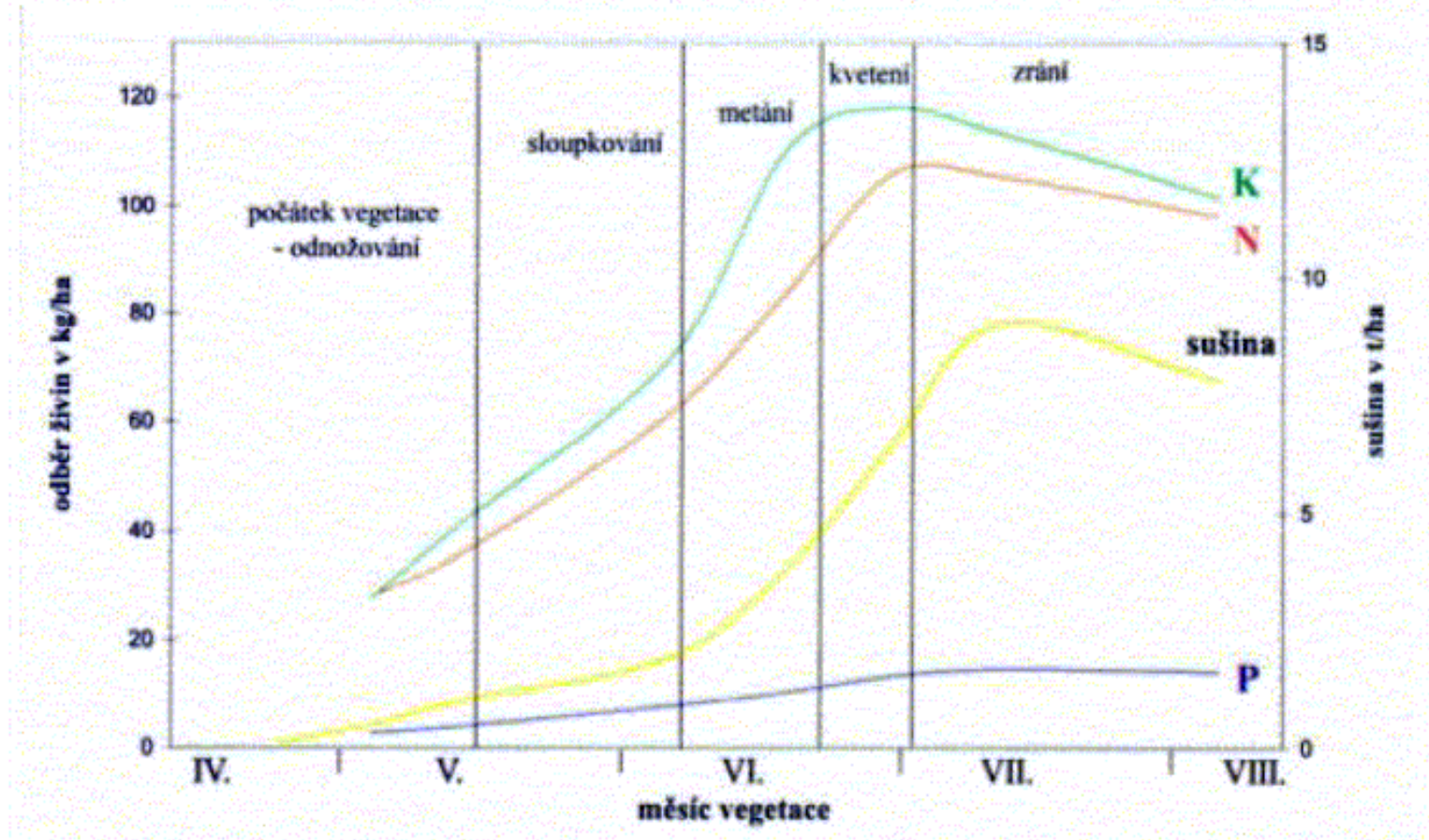
- 20 – 24 kg N
- 3,5 – 6,2 kg P
- 16,6 – 21,0 kg K
- 5,7 – 8,5 kg Ca
- 1,2 – 2,4 kg Mg

Intenzita příjmu živin ječmenem závisí na intenzitě růstu vegetativních orgánů a na zásobenosti půd přístupnými živinami. V průběhu fáze vegetativního růstu podléhá čerpání živin nárůstu sušiny. V generativní fázi růstu je příjem živin relativně nižší než nárůst sušiny.

Jarní ječmen

Odběr živin u jarního ječmene

Obr. 1: Dynamika odběru živin jarním ječmenem a nárůst sušiny (AIGNER cit. VANĚK et al., 2002)



Jarní ječmen

Ječmen jarní přijímá během vegetace poměrně velké množství živin

Vedle vysoké spotřeby N, P, K odčerpá také značné množství Ca, Mg a ostatních prvků. 1 tuna zrna ječmene jarního a odpovídajícího množství slámy se odčerpá:

- 20 – 24 kg N ..6 tun = 110 kg N
- 3,5 – 6,2 kg P 24 kg P
- 16,6 – 21,0 kg K 90 kg K
- 5,7 – 8,5 kg Ca 30 kg Ca
- 1,2 – 2,4 kg Mg 9 kg Mg

Zvláštnost: ječmen má z obilovin horší osvojovací schopnost živin, proto je citlivý na nedostatek živin (zejména z půdní zásoby)

Intenzita příjmu živin ječmenem závisí na intenzitě růstu vegetativních orgánů a na zásobenosti půd přístupnými živinami. V průběhu fáze vegetativního růstu podléhá čerpání živin nárůstu sušiny. V generativní fázi růstu je příjem živin relativně nižší než nárůst sušiny.

Jarní ječmen

- Vzhledem ke krátké vegetační době – musí být dostatek živin v půdní zásobě
- Nepoužívá se často organické hnojení
- zásobní (základní hnojení) P, K, Ca – na podzim podle rozborů půd (AZP)

Hnojení N:

- pokud se pěstuje po obilovině – je nutné zvýšit dávku N

Sladovnický ječmen:

- 1 až 2/3 dávky před setím
- max. 1/3 dávky během vegetace (3. - 4. list)
- vyšší dávky N v pozdějších fázích mají negativní vliv na sladovnickou kvalitu
- Celková dávka = 60 – 80 kg N (SA, močovina, DAM 390, LAV)

Pozdější aplikace NL = zvýšení obsahu NL nad 11 % (hranice pro sladovnické účely)

Jarní ječmen

Vliv půdy a
Zásoby N na
hnojení jarního
ječmene

Tab. 3: Doporučené dávky dusíku pro hnojení sladovnického ječmene na základě obsahu minerálního dusíku (N_{\min}) v půdním profilu 0 – 0,6 m (FECENKO, LOŽEK, 2000)

půdní druh (typ)	N_{\min} (mg.kg ⁻¹)	N_{\min} (kg.ha ⁻¹)	dávka dusíku (kg.ha ⁻¹)
černozem hlinitá	< 10	< 90	40
	11 – 15	91 – 135	25
	16 – 20	136 – 180	–
	> 20	nevhodné pro sladovnický ječmen	
hnědozem hlinitá	< 10	< 90	50
	11 – 15	91 – 135	30
	16 – 20	136 – 180	10 *
	> 20	nevhodné pro sladovnický ječmen	
hlinitopísčitá (diluvium)	< 10	< 90	60
	11 – 15	91 – 135	40
	16 – 20	136 – 180	20
	> 20	> 180	–
písčitohlinitá	< 10	< 90	70
	11 – 15	91 – 135	50
	16 – 20	136 – 180	20
	> 20	> 180	–
hlinitá – podhorské a horské oblasti	< 10	< 90	80
	11 – 15	91 – 135	60
	16 – 20	136 – 180	30
	> 20	> 180	–

* podle stavu porostu přihnojit na list v době odnožování

Řepka ozimá

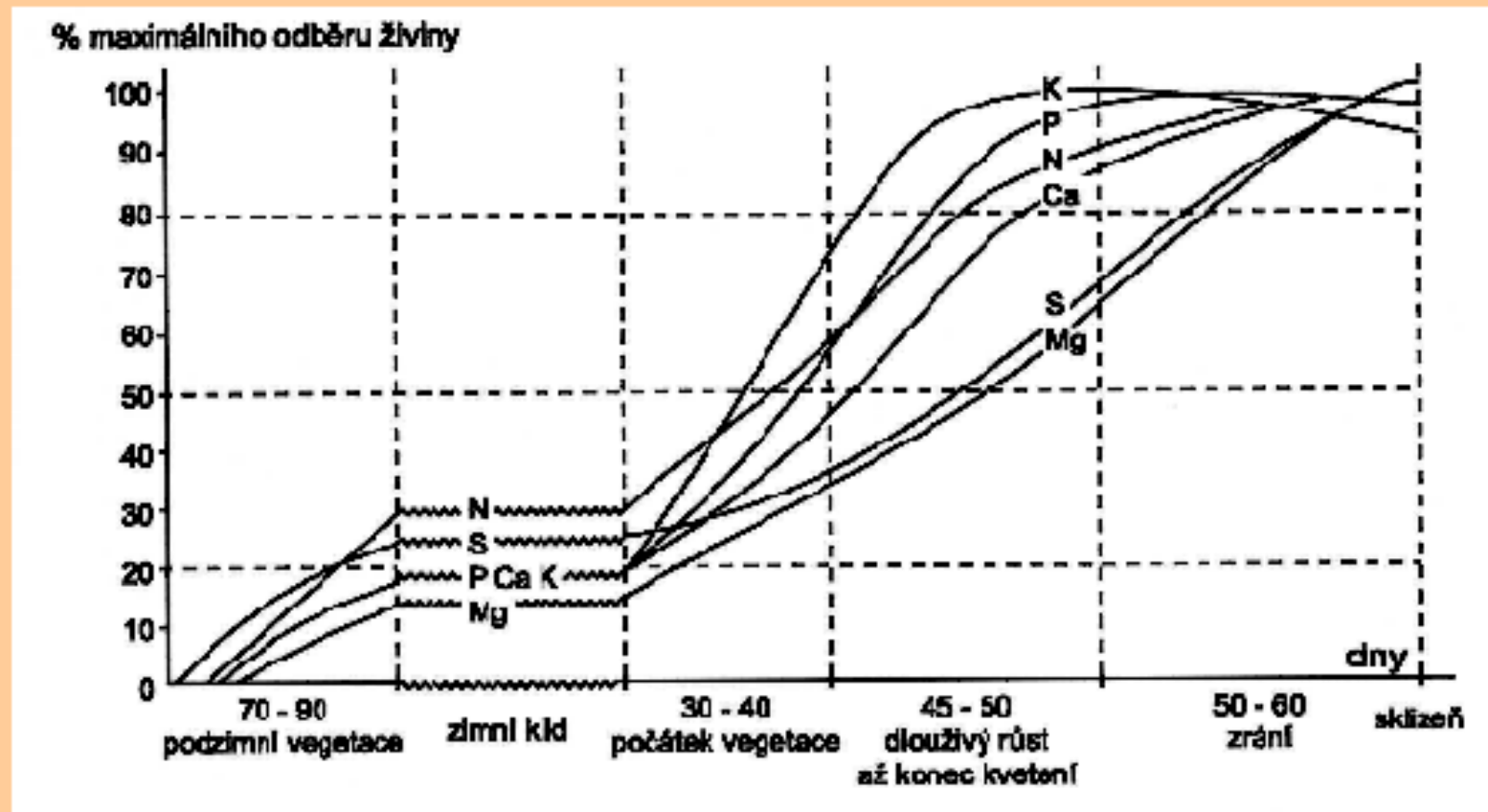
Ve spotřebě živin řadíme ozimou řepku k nejnáročnějším plodinám. Má 2-3 krát vyšší požadavky než obilniny. Vedle tvorby a produkce energeticky náročného oleje vytváří v porovnání s obilovinami vyšší výnosy biomasy.

Spotřeba živin na 1 t semen a slámy / na výnos 3,5 t/ha

- 55 kg N	3,5 t	= 160 - 180 kg N
- 9 kg P		= 35 – 40 kg P
- 50 kg K		= 150 – 160 kg K
- 45 kg Ca		= 130 – 150 kg Ca
- 7 kg Mg		= 30 – 38 kg Mg
- S !!!		= 50 – 80 kg S

Řepka ozimá

Obr. 7 Dynamika odběru hlavních živin u ozimé řepky (CRAMER, 1990)



Nový trend ve výživě řepky – hnojení N na podzim a následné zastavení růstu pomocí růstových regulátorů

Řepka ozimá

Schéma hnojení řepky:

1. Regenerační přihnojení (ihned po zimě – fáze „bílých kořínků“)

- 1a dávka (30 – 60 kg N/ha) ..za 2-3 týdny
- 1b dávka (30 – 60 kg N/ha)

Dávky 1a + 1b – celkem 60 – 90 kg (lze aplikovat jen v 1 dávce)

2. Produkční dávka (období dlouhivého růstu) – 2-3 týdny po dávce 1.

- 50 – 80 kg N/ha

3. Poslední dávka na chudších půdách, nebo v případě intenzivního pěstování (fáze „žlutých poupat)

- 20 – 30 kg N/ha

1. dávka N = tuny, 2. dávka = metráky, 3. dávka = kilogramy

Pšenice ozimá

Ozimou pšenici řadíme mezi plodiny se střední potřebou živin

Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá:

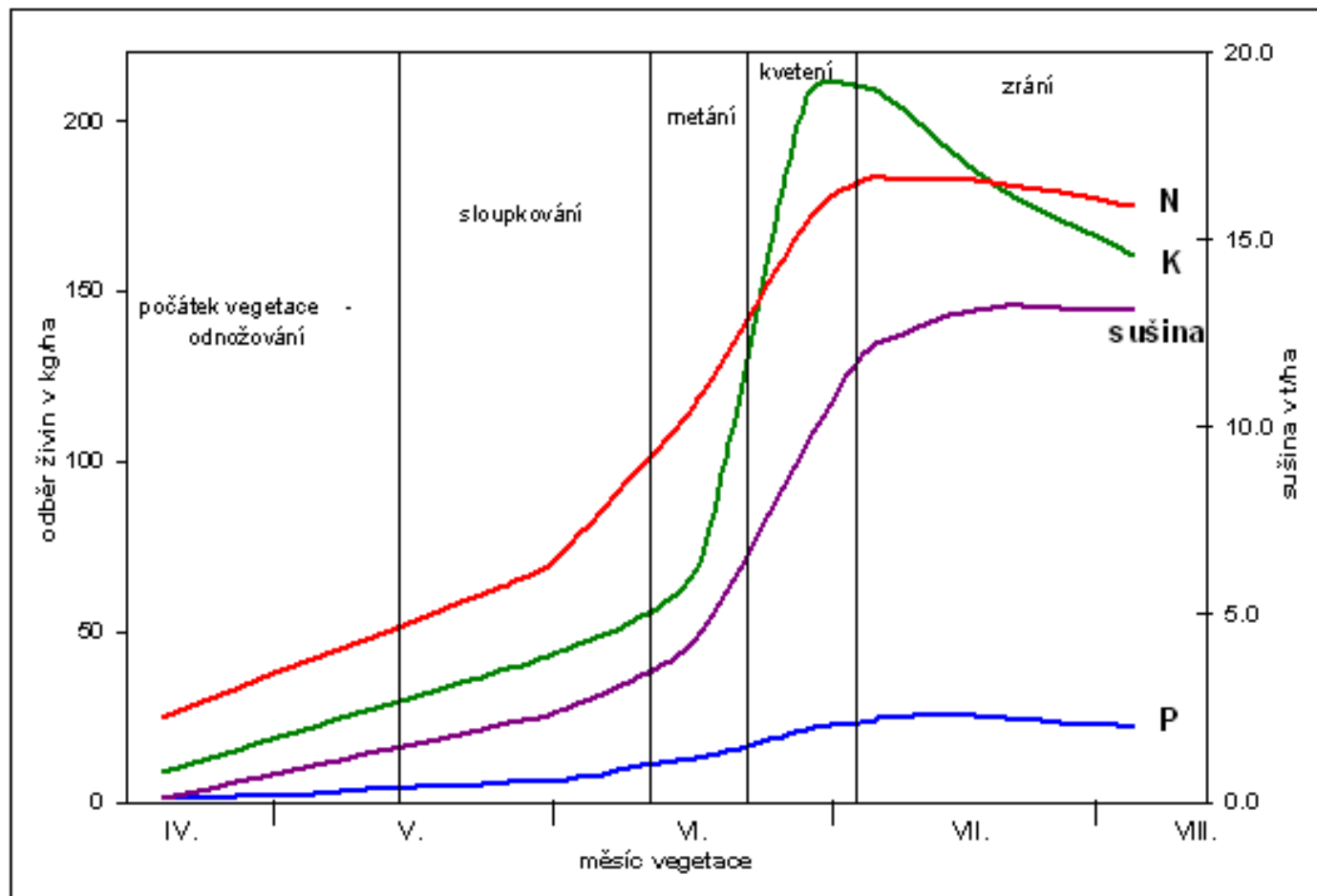
- 25 kg dusíku (N)
- 5 kg fosforu (P)
- 20 kg draslíku (K)
- 2,4 kg hořčíku (Mg)
- 4 kg síry (S)

V podzimním období přijímají rostliny ozimé pšenice relativně málo živin a přes zimu se jejich příjem úplně zastavuje (Max 12% z celkového odběru) - proto vysoké dávky dusíku před setím jsou zbytečné a neekologické. Odběr dusíku se zvyšuje na jaře, kdy rostliny po zimě musí obnovit biomasu.

Pšenice ozimá

Odběr živin u pšenice ozimé

Graf 1 Dynamika odběru živin ozimou pšenicí a nárůst sušiny
(zpracováno dle AIGNERA et al., 1988 cit VANĚK a kol. 2002)



Pšenice ozimá

Celkové nároky na živiny při výnosu pšenice 6 t/ha:

- 144 kg dusíku (N)
- 30 kg fosforu (P)
- 108 kg draslíku (K)
- 12 kg hořčíku (Mg)
- 27 kg vápníku (Ca)
- Základní hnojení podle AZP (předsetové hnojení na podzim)
- Hnojení N na podzim (max. 40 kg) – v případě, že je půda chudá na dusík
- Jarní hnojení N (během vegetace) – 3 dávky

1) Regenerační – (20 – 60 kg) – nejlépe LAV

Termín: brzy na jaře – *urychlení vývoje rostlin, zakořenění a tvorba odnoží*

2) Produkční – (20 – 60 kg) – LAV, DAM390

Termín: po odnožení po začátek sloupkování – *tvorba stébel, podpora tvorby klasů a zrn*

3) Kvalitativní – (20 – 30 kg) – LAV, LV

Termín: metání – *zvýšení HTZ, pozitivní vliv na kvalitu zrna (NL)*

Pšenice ozimá

Deficit N – negativní vliv na pekařskou kvalitu pšenice

Vliv dávek dusíku na kvalitu pekárenských výrobků z pšenice



foto
Hřivna

Kukuřice

Kukuřice má vysoké nároky na teplo – C4 metabolismus, který má vysoké nároky na teplo a sluneční svit

Zpočátku – pomalý růst a odběr živin

Později – velmi intenzivní růst a odběr živin

P, K a většina N – předseťové hnojení

Zbytek N – přihnojení během vegetace

Odběr živin: 160 – 280 kg N / ha !!!!

Přihnojení 20 – 70 kg N / ha (optimálně mezi řádky, aby nedošlo k popálení úžlabí listů v důsledku ulpění hnojiva)

Zvláštnost hnojení kukuřice :

- Při sběru siláže – vyhladovění půdy, odvoz velké části biomasy
- Běžné je tzv. „hnojení pod patu“ – tj. předseťové hnojení do kolejového řádku společně s osivem.

Spotřeba živin

Odběrem 1 t silážní hmoty odčerpá:



- 3,5 – 4,0 kg dusíku
- 0,7 – 0,9 kg fosforu
- 3,0 – 3,7 kg draslíku
- 0,9 – 1,3 kg vápníku
- 0,3 – 0,6 kg hořčíku
- 0,4 – 0,5 kg síry

Předpokládaný výnos: 60 t silážní zelené hmoty

V současné době je v podmínkách ČR kukuřice pěstována jako tzv. širokořádková plodina s meziřádkovou vzdáleností 70 nebo 75 cm, což při dopovídá výsevku **70 000 jedinců na hektar**
- odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 18 cm

Spotřeba živin na 60 t silážní hmoty:

N: 225 kg

P: 48 kg

K: 201 kg

Ca: 66 kg

Mg: 27 kg

S: 27 kg

Síran Amonný: 21 % N, **24 % S**

112,5 kg hnojiva SA – pokrytá potřeba síry
+ pokrytá potřeba 23,6 kg N

Chybí 201,4 kg N

Bude kompenzována ledkem a močovinou

LAV (9 % CaO = $9 \times 0,71 = 6,39$ % čistého Ca)

66 kg potřeby Ca = 1033 kg LAV = 279 kg čistého N

Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa

- Příjem aniontů listy: zhoršený (jsou vytěsňovány od průduchů kutikuly)
- Příjem kationtů listy: snadný

Příjem živin listy závisí na těchto faktorech:

- Síla a vlastnosti kutikuly
- Množství a podíl postřiku ulpělého na listech
- Termín a intenzita srážek
- Vlhkost vzduchu a rychlost vysychání postřikového roztoku
- Mobilita živin pro translokaci
- Koncentrace živin (obvykle – max. 1% roztok)

Filozofie listové výživy

Tento způsob výživy rostlin nemá za cíl řešení bilance živin, ale omezení dopadů přechodně sníženého příjmu určité živiny během vegetace. To nastává z různých příčin i na půdách dobře zásobených živinami, např. vlivem sucha, zamokření nebo rozdílem teplot půdy a vzduchu časně zjara, když slunce prohřeje vzduch, ale půda reaguje pomalu. Aplikace živin na list snižuje riziko propadu aktivity rostliny do doby, než pominou podmínky nepříznivé pro příjem živin z půdy.

U mikroživin lze deficit živiny odstranit prakticky úplně, u makroživin dokáže ovlivnit aplikace na list výživný stav velmi významně. V praxi se běžně aplikuje močovina na list pšenice od konce sloupkování.

Listy u rostlin jsou orgány k příjmu plynu (především CO_2), avšak mohou být i místem, kde se zajišťuje **mimokořenová výživa rostlin** - příjem a utilizace minerálních (ale i organických) živin aplikovaných na nadzemní části rostlin ve formě vodných roztoků (foliární výživa).

Filozofie listové výživy

Uvedený druh výživy je třeba chápat jako výživu doplňkovou, která umožňuje operativní korekci výživného stavu rostlin jak podle vizuálních příznaků, tak zvláště na základě chemické analýzy rostlin.

Mimokořenovou výživou nelze zcela nahradit výživu kořenovou, poněvadž množství přijatých živin rostlinou (zvláště makrobiogenních prvků) je malé. Bylo prokázáno, že rostliny odkázané pouze na tento druh výživy zaostávají ve vývoji a silně se omezuje tvorba generativních orgánů. Předností mimokořenové výživy je, že jsou vyloučeny interakce mezi ionty, které při aplikaci živin do půdy by mohly výrazně ovlivnit jejich přijatelnost, a tím i účinnost dodaných živin. Aplikaci živin je možné také spojit (zvláště u hnojiv dusíkatých) s ošetřením porostu herbicidy, pesticidy a morforegulátory.

Hlavní překážkou při vstupu živin do nadzemních částí rostlin je kutikula. Ovlhčení povrchu listů, které je umožněno přidáním detergentů (smáčedel) ke hnojivému roztoku se kutikula rozestoupí a umožní kontakt roztoku s buňkami epidermální části listu.

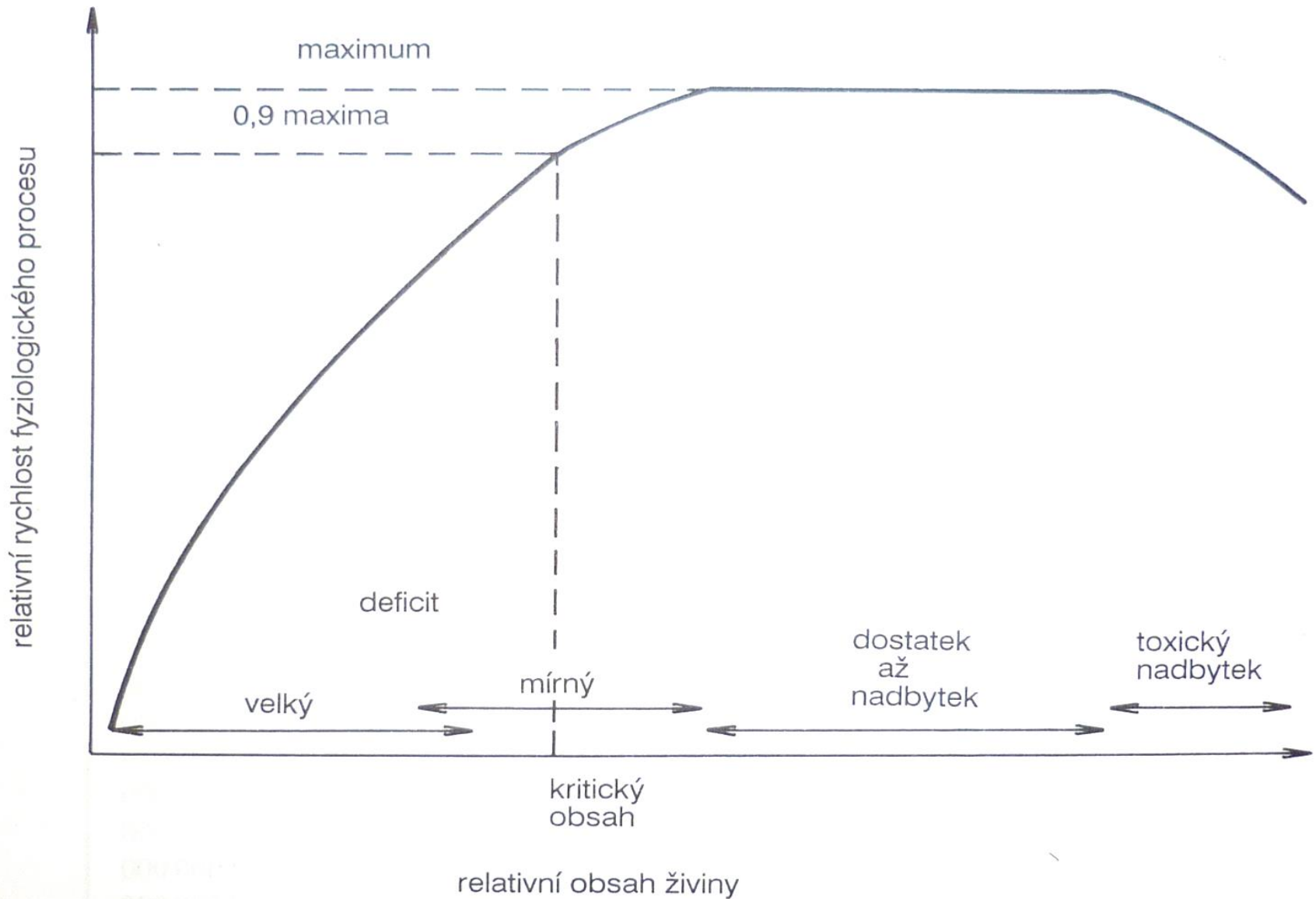
Filozofie listové výživy

Rychlost absorpce jednotlivých živin je značně rozdílná. Kationty pronikají přes membrány rychleji než anionty. Listy rostlin mohou absorbovat všechny hlavní živiny a mikroprvky s rychlostí absorpce uvedenou v tabulce

Rychlost absorpce jednotlivých živin listy rostlin (Hudská 1976)

Živina	Doba při 50% absorpci
Dusík v močovině	1/2 až 2 hod.
Hořčík	2-5 hod
Draslík	10-24 hod.
Vápník, mangan, zinek	1-2 dny
Fosfor	5-10 dnů
Železo, molybden	10-20 dnů

Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa



Základy výživy rostlin, mimokořenová výživa

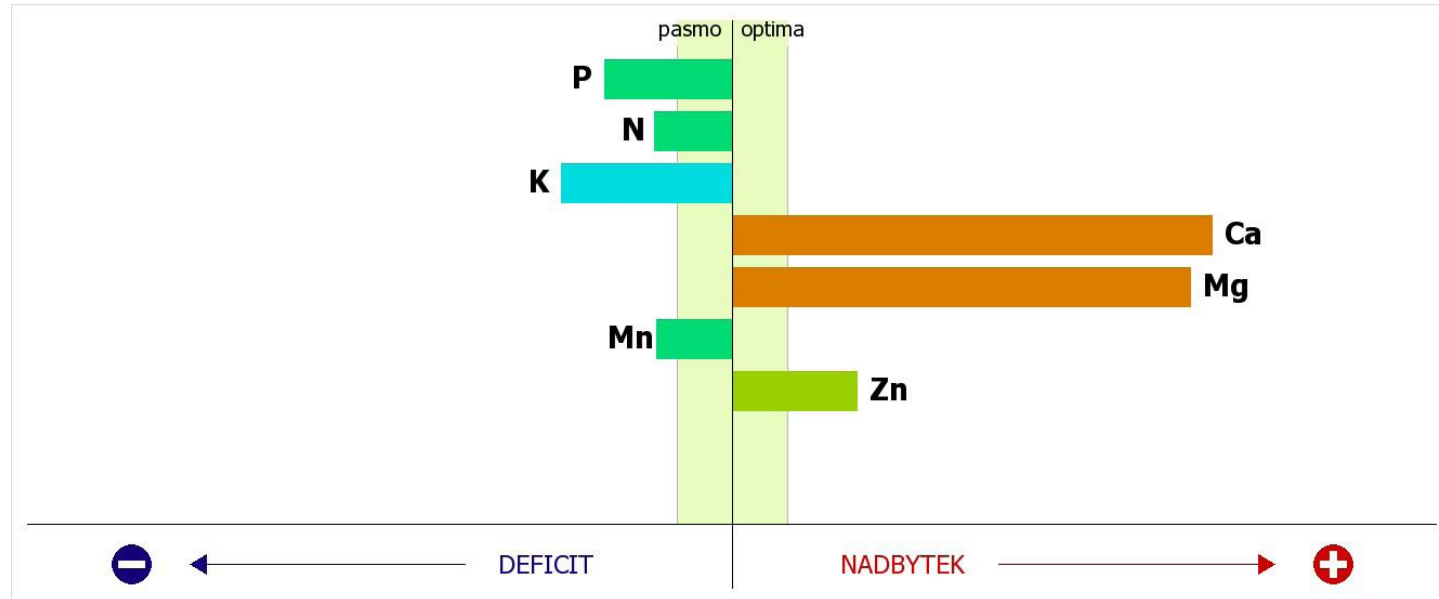
Aby rostlina mohla minerály a stopové prvky skutečně „vstřebat“ a zpracovat, je nutná organická tzv. **chelátová vazba** (*slovo „chela“ je řeckého původu a znamená „klepeto“, které symbolizuje sevření minerálů v aminokyselinách*)

Látky v chelátové vazbě jsou rostliny schopné vstřebat až z 95%.

U anorganické „nechelátové“ vazby vstřebání často nepřesahuje ani 10%

Odhad na základě rozboru rostlinného materiálu

AGRA GROUP a.s., Strelské Hoštice



**Protokol o výživném stavu porostu
pro JJ-Všestary-K 2009**
Číslo protokolu: N000613-090522
Datum vystavení: 22.5.2009
Zemědělský podnik: JJ-Všestary-K 2009

Výsledky rozboru rostlin

prvek obsah [%] hodnocení obsahu

P 0,40 mírný deficit

N 5,07 mírný deficit

K 4,36 střední deficit

Ca 1,54 velmi vysoký nadbytek

Mg 0,25 velmi vysoký nadbytek

obsah [mg/kg]

Mn 55,50 mírný deficit

Zn 51,00 mírný nadbytek

Doporučené řešení:

CAMPOFORT Garant K 10 l/ha

Agronomická

Příklad výpočtu prvků

Hnojivo CERERIT:

Dusík celkový:	6,9 %
Fosfor jako P ₂ O ₅ :	11,9 %
Draslík jako K ₂ O:	9,9 %
Hořčík jako MgO:	1,0 %
Bor:	0,06 %
Molybden:	0,006 %
Měď:	0,008 %

Výpočet dávek hnojiv na 1 ha

Dusík: 160 kg

LAV (27 %) – 3 dávky – 60 – 60 - 40 kg

Tj. $(60/27)*100 = 222$ kg v 1. dávce, 222 kg ve 2. dávce
a 148 kg LAV ve 3. dávce

Fosfor: 30 kg

Superfosfát (20 % P) – tedy...

$(30/20)*100 = 150$ kg (ale zatím forma P₂O₅)

$= 150 * 0,44 = 66$ kg čistého P

Dopočet: $200/0,44 = 340,9$ kg hnojiva superfosfát s obsahem P 20 %

Fytohormony

- Definice:
- *nízkomolekulární organické sloučeniny*
 - *syntéza – v rostlinách, nebo chemickou syntézou*
 - *vyskytující se v nízkých koncentracích*
 - *význam: regulují veškeré růstové a vývojové procesy*

Působení: *v místě vzniku, ale i v jiných částech rostliny*

Fungují působením na „receptory“ – ty pak přenáší signál pro tvorbu příslušných látek (bílkovin) – tyto

Produkce: *vázána vždy na nějaký orgán rostliny (podobně jako u živočichů)*

Fytohormony

Regulace hladiny fytohormonů: *fytohormony podléhají rychlé metabolické inaktivaci prostřednictvím konjugace, nebo oxidace. Tím je zabráněno, aby se hromadily v aktivní formě v místě působení.*

Koncentrace: *v rostlinných buňkách v koncentraci 10^{-6} až 10^{-9} M*

Tj. Olympijský plavecký bazén má objem 2.500.000 l vody a v něm 0,75 g látky

Princip fungování regulátorů a stimulátorů růstu: *ovlivnění hladiny fytohormonů v rostlině*

Účinek fytohormonů

Inhibitory

- Kyselina asbrcisová
- Etylén
- Jasmonáty



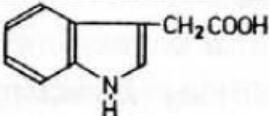
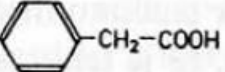
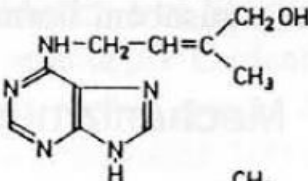
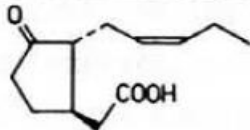
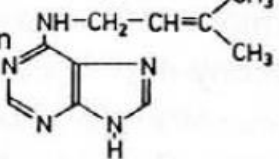
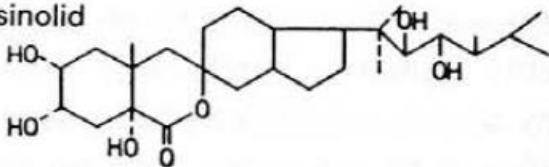
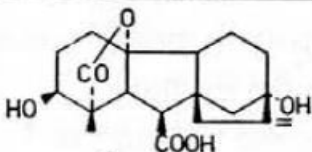

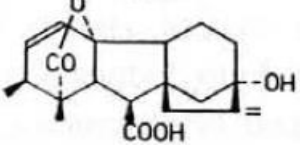
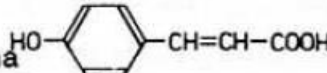
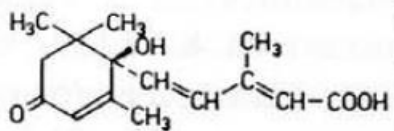
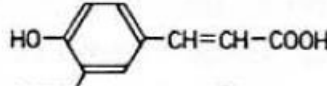
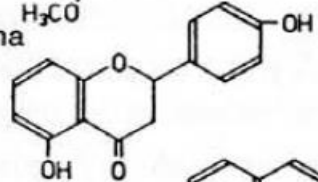
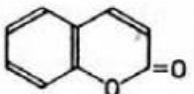
Stimulátory

- Auxiny
- Gibereliny
- Cytokininy
- Auxinoidy
- Karrikininy
- Brassinosteroidy



Rozdělení fytohormonů

Tab. 8.1 Přehled nejdůležitějších endogenních růstových regulátorů.

SKUPINA	NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY VZOREC	ZKR.	SKUPINA	NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LÁTKY VZOREC	ZKR.
auxiny	indolyl-3-octová kyselina 	IAA	polyaminy	putrescin $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Put
	fenyloctová kyselina 	PAA		spermidin $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Spd
cytokininy	zeatin (4'-hydroxy-6-izopentenyloaminopurin) 	Z	jasmonová kyselina 	JA	
	izopentenyloadenin (6-izopentenyloaminopurin) 	IPA	brassinosteroidy 		
gibereliny	giberelin A ₁ 	GA ₁	fenolické látky	p-hydroxybenzoová kyselina 	pHBA
	giberelin A ₃ 	GA ₃		p-kumarová (4-hydroxy-skořicová) kyselina 	pCA (HCA)
abscisová kyselina	abscisová kyselina 	ABA	ferulová (4-hydroxy-3-metoxyskořicová) kyselina 	FA	
	etylen	etylen $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	—	naringenin 	—
			kumarin 	—	

Auxiny

Jsou nejdéle známé fytohormony

Známé auxiny:

IAA – kyselina indolyl-octová

NAA – kyselina naftolyl-octová

2,4-D – kyselina 2,4-dichlorfenoxyoctová

Picloram

Auxin – je syntetizován ve vrcholu koleoptile- odtud je transportován do celé rostliny (transport je bazipetální)

Syntéza – v mladých částech rostliny (listy, květy, vyvíjející se orgány)

Využití v zemědělství: herbicidy, tkáňové kultury, zakořeňování rostlin...

Fyziologické účinky: **stimulace dlouhivého růstu** (souvisí s tím regulace tropizmu), **apikální dominance**, **stimulace zakořeňování**, **stimulace dělení buněk**

Cytokininy

Rozsáhlá skupina fytohormonů – základní CK – N6-adenin

Známé cytokininy:

Adenin

Kinetin

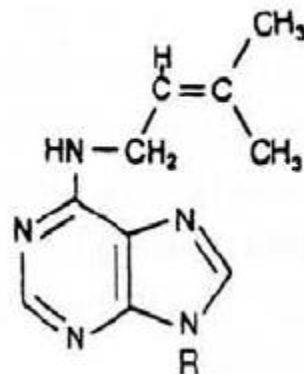
Zeatin

BAP (6-benzyladeninpurin)

Syntéza CK – v kořenech, odtud jsou transportovány xylémem do nadzemní části rostlin

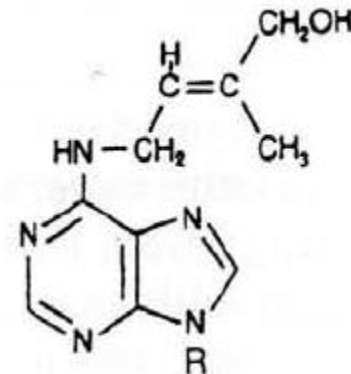
Fyziologické účinky:

- Buněčné dělení
- Antagonistický účinek auxinů
- Podpora větvení, tvorby vedlejších kořenů
- Oddálení senescence
- Antistresový účinek



(R = H) N⁶-(Δ²-izopentenyl)-adenin

(R = ribóza) N⁶-(Δ²-izopentenyl)-adenozin



(R = H) *trans*-zeatin

(R = ribóza) *trans*-zeatin-ribozid

Gibereliny

Skupina látek známých od 30tých let 20. století

První identifikovaný giberelin: GA₃

Existuje asi 100 různých molekul s giberelinovou strukturou

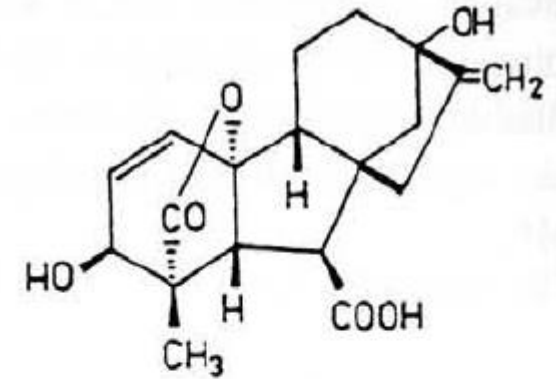
Tvorba – ve všech rostlinných orgánech

Nejvyšší hladina GB – v místě intenzivního růstu

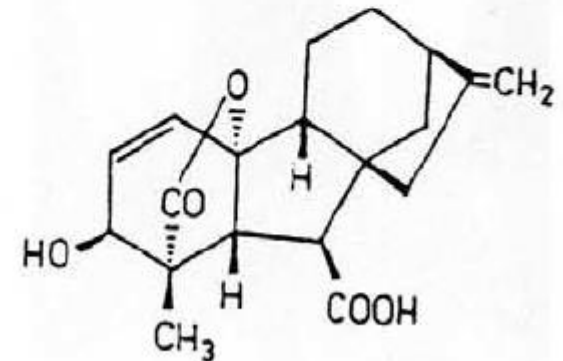
Účinek: **dlouhivý růst, klíčení semen, indukce kvetení, jarovizace**

Inhibitory GB: CCC, AMO-1618, Phosphon D, Paclobutrazol..

Využití v zemědělství: stimulant klíčení (sladovnictví), zvýšení násady plodů (vinná réva, retardanty růstu)



GA₃



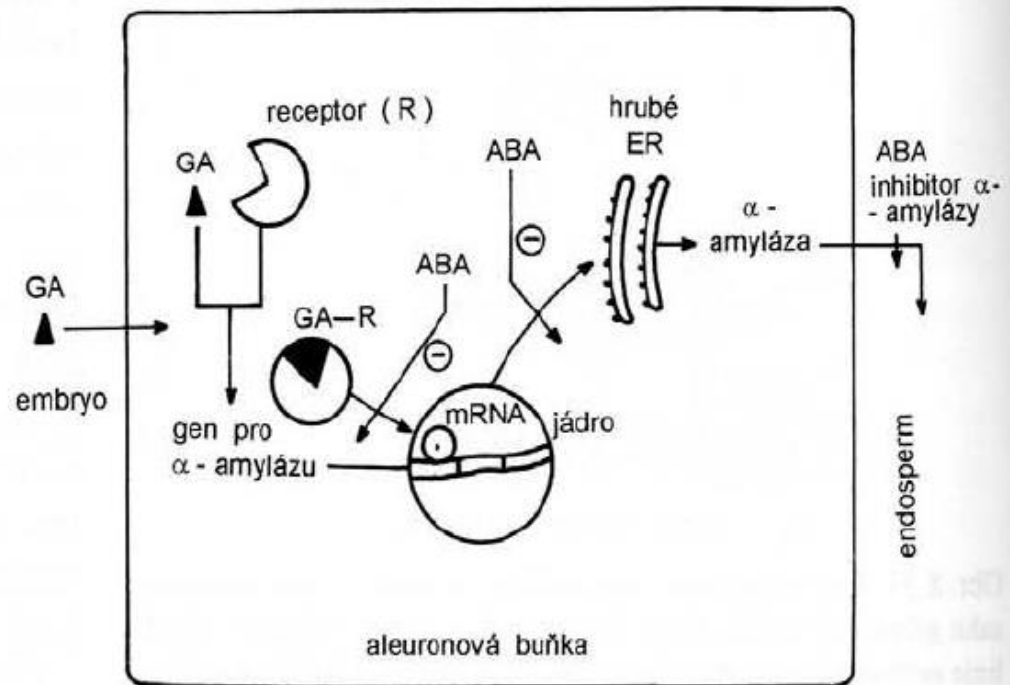
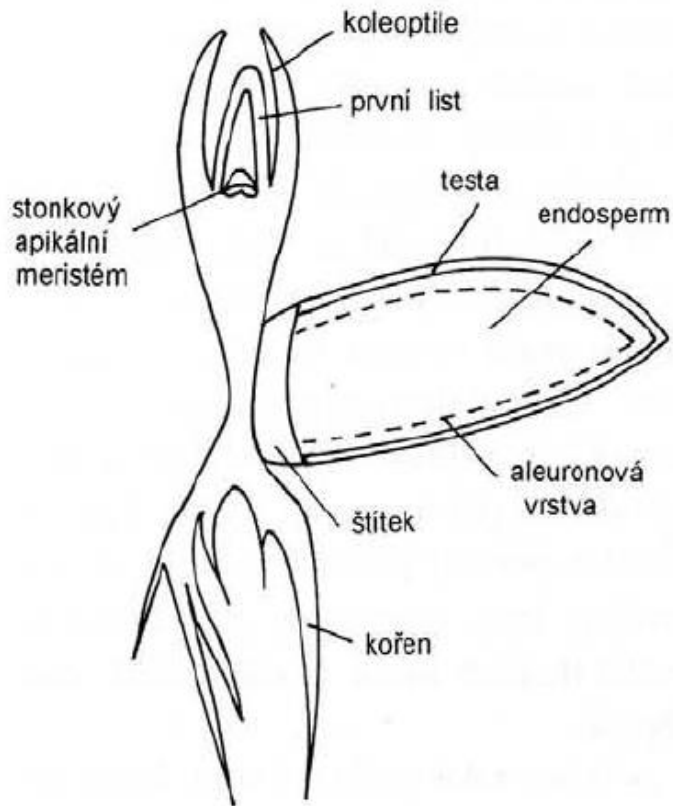
GA₇

Gibereliny

GB – endogenní regulátor klíčení

- V endospermu jsou GB ve vázané formě, po nabobtnání semen se GB uvolní a začne i syntéza *de novo*

ABA – působí jako inhibitor



Obr. 8.38 Schéma působení giberelinů při klíčení. GA se váže v buňkách aleuronové vrstvy na receptor (R) a komplex GA-R aktivuje v jádře syntézu α -amylázy. Tento enzym přechází do endospermu, kde štěpí zásobní škrob. ABA inhibuje syntézu a aktivitu α -amylázy. (Upraveno podle Salisburyho a Rosse 1991.)

Kyselina abscisová (ABA)

Fyziologicky aktivní je její **S-izomer**
a **xantoxin**

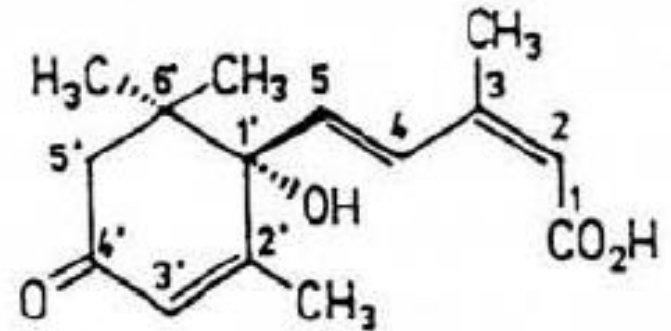
Tvorba ABA: v dormantních orgánech
(semena, pupeny, hlízy), ale i v
Rychle rostoucích pletivech (listy)

Zvýšená tvorba ABA – v období krátké
ho dne a při nedostatku vláhy

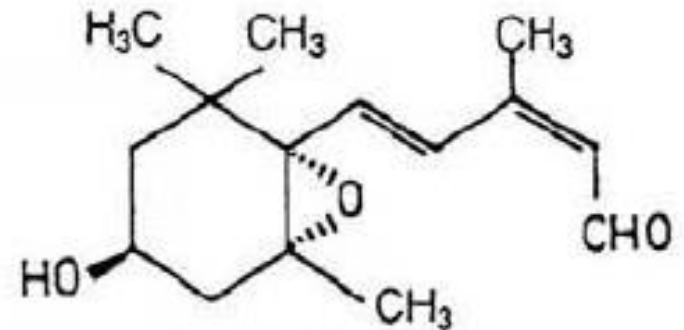
- Jedná se tedy o **stresový hormon**

Hlavní účinky:

- Inhibice dlouhivého růstu, stimulace opadu, urychlení stárnutí
- Regulace dormance (v kombinaci s gibereliny)
- **Regulace vodního stresu** (uzavírání průduchů)



(S)-ABA



xantoxin

Kyselina abscisová (ABA)

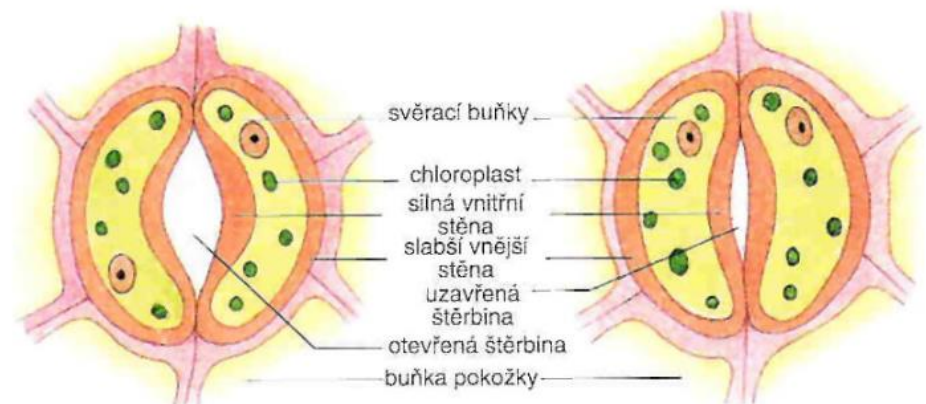
Regulace vodního stresu (uzavírání průduchů)

Mechanismus účinku:

Vazebné místo pro ABA je na vnějším povrchu plazmalemy svěracích buněk průduchů.

Na tomto místě se váže při nedostatku vody ABA a dochází k uzavření průduchů – jedná se tedy o vazebné místo (receptor)

Mění se tok iontů, zvýší se výtok draslíku ze svěracích buněk a tím se změní turgor. Svěrací buňky nasávají vodu a průduch se uzavře



průduchy

Etylen

Syntéza v rostlinách: z L-methioninu

Etylen – jediný plynný hormon

Fyziologické účinky:

- Inhibice prodlužovacího růstu
- Stimulace radiálního růstu (ztráta gravitropické reakce) – dochází k reorientaci mikrotubulů
- Inhibice růstu kořenů
- Urychlení zrání plodů (dochází k degradaci celulózy, pektinů a škrobu)

Brassinosteroidy

První Brassinosteroid – izolován z pylu řepky v r. 1979

Známé látky:

- brassinolid, castasteron

Fyziologický účinek:

- **stimulace dlouhivého růstu**
- Odolnost vůči abiotickému stresu

Ostatní růstové regulátory

- Jasmonáty
- Fenolické látky
- Polyaminy
- Oligosacharidy

Současné použití regulátorů a stimulátorů

Regulátory

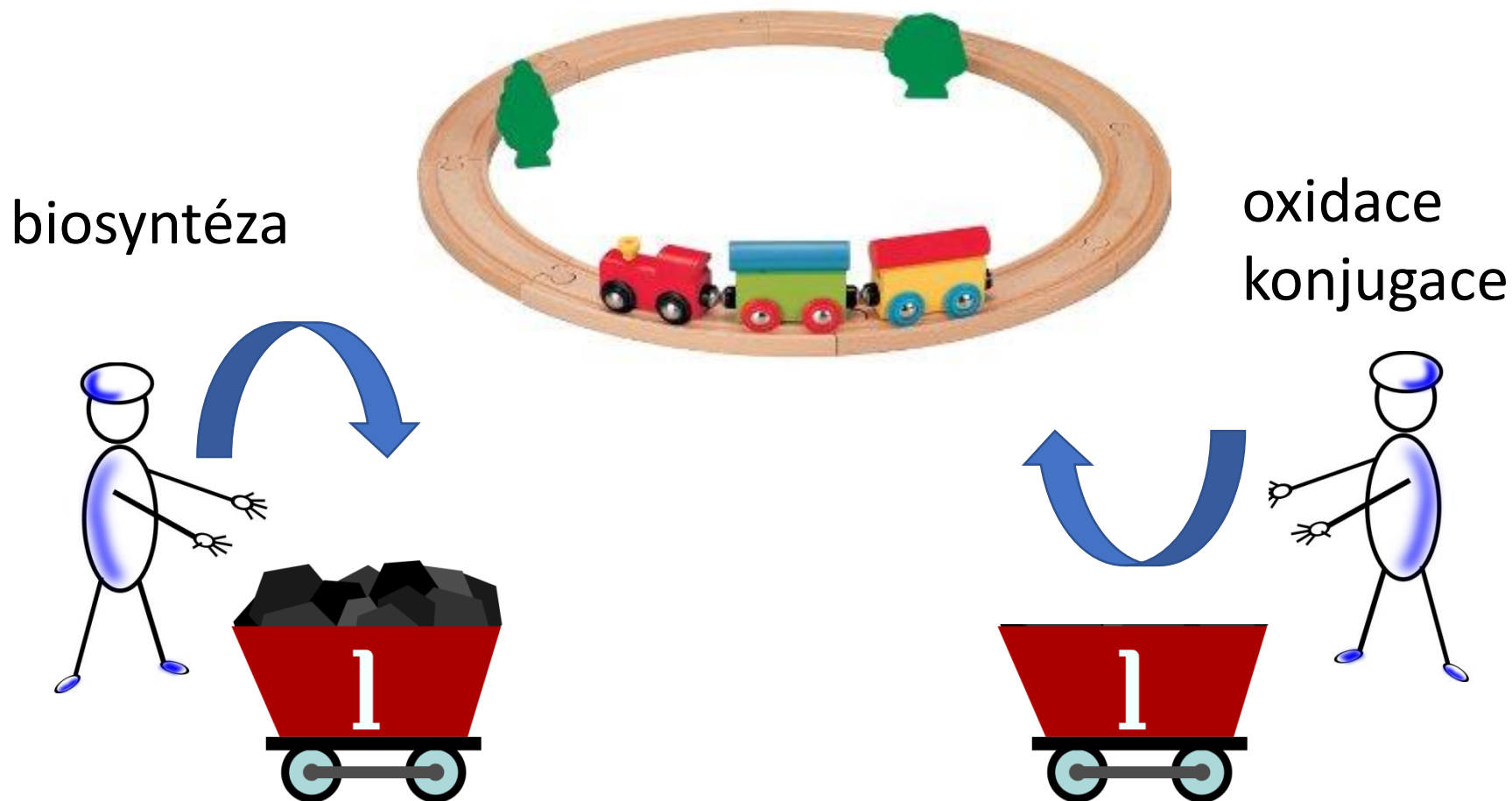
- Řepka podpora větvení, zkrácení stonku
- Obilniny podpora odnožování, zkrácení stébla
- Trávy podpora odnožování, zkrácení stébla
- Okrasné rostliny omezení růstu po přesazení
- Ovocné stromy, rybíz.. usnadnění mechanizované sklizně, urychlení dozrávání
- Brambory inhibice klíčení
- Jabloně retardace letorostů, redukce nadměrné násady plodů
- Zelenina omezení vytahování sazenic
- Mák omezení poléhání

Stimulátory

- Všechny plodiny podpora růstu, klíčení, vzcházení, protistresový účinek
- Antistresový účinek (sucho, po aplikaci pesticidů)



Cyklus biosyntézy a degradace fytohormonů v rostlině – stálý vyvážený koloběh hormonů – v rovnováze



Regulátory růstu

Regulátory

Clomequat-chlorid (CCC)

(přípravky Celstar 750 SL, Cycocel 750 SL, Stabilan 750 EC...)

- Vliv na syntézu giberelinů
- Snižují apikální dominanci rostlin
- Podporují růst a vývoj odnoží

Aplikace

Obilniny:

- Podzim ve fázi BBCH 14-15
- Jaro 14 – 23 (podpora odnožování a zahuštění porostu)
- Jaro ve fázi 25 – 31 (krácení stébla)

Regulátory růstu

Regulátory

Etephon

(přípravky Cerone 480 SL, Etherel, Terpal, Flordimex...)

- V rostlinách se rozkládá na etylén – hormon, který indukuje dozrávání
- Brzdí prodlužovací růst stébel

Aplikace

Obilniny:

- Jen jarní aplikace: v BBCH 31 – 49 (mnohem později než CCC)

Regulátory růstu

Regulátory

Trinexapax ethyl

(přípravky Moddus, Optimus, Palisade...)

- Ovlivňuje syntézu giberelinů, ale později než CCC
- Má i vliv na podporu a redukci odnoží

Aplikace

Obilniny:

- Jen jarní aplikace: v BBCH 31 – 40 (později než CCC, ale dřív než etephon)

Příklady ze současnosti

Obilniny: látky na krácení stébla

CCC (Chlormequat chlorid)

- Blokuje syntézu giberelinů a tím dochází ke zkrácení stébla

Etephon

- Podporuje syntézu etylénu a tím dochází ke krácení stébla



Regulátory růstu

Regulátory

Tebuconazole, propiconazole, metconazole, prothioconazole (přípravky Lynx, Caramba, Caryx, Teson, Sirena...)

- Všechny „AZOLY“ mají antigiberelinový účinek
- Současně mají **fungicidní účinek** – proto je většina z nich registrována jako **fungicid**
- Krácení stonku a podpora větvení, posílení hlavního kořene, omezení poléhání

Aplikace

Olejniný:

- Podzim v BBCH 14-18 – krácení vegetačního vrcholu a kořene = lepší zimuvzdornost
- Jaro – BBCH 30 - 59



Stimulátory růstu

Stimulátory

Podle původu:

- **Organické** (lignohumáty, huminové kyseliny, fulvokyseliny, extrakty z mořských řas, aminokyseliny...)
- **Syntetické** (fytohormony, nitrofenol....)

Podle formy aplikace:

- **Moření osiva** (pro rychlejší klíčení rostlin a lepší zakořenění)
- **Listová aplikace** (nejčastější – často s makro a mikroprvky, tzv. „listová výživa“, podpora růstu, antistresový účinek, prodloužení vegetace...)
- **Zálivka** – většinou do hydroponie
- **Živná média** – při kultivaci pylových zrn, kalusů, meristémů..

Pesticidy

Pesticidy jsou přípravky a prostředky, které jsou určeny k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Na základě tohoto širokého spektra použití pesticidy rozdělujeme na tyto základní skupiny:

Akaracidy – přípravky proti roztočům

Biocidy – přípravky proti živočišným škůdcům

Fungicidy – přípravky proti houbovým chorobám a plísním

Herbicidy – přípravky proti plevelům

Insekticidy – přípravky proti hmyzu

Moluskocidy – přípravky proti plžům a slimákům

Repelenty – přípravky odpuzující škodlivé organismy

Rodenticidy – přípravky proti hlodavcům

Účinek pesticidů

Přípravky kontaktní - účinná látka neproniká do rostlin, zůstává pouze na povrchu v místě aplikace. Při aplikaci je nutné důkladně ošetřit celou rostlinu. Pronikají do těla patogena a zabraňují klíčení spor. Pro dobrou ochranu je zapotřebí vytvořit souvislý film. Doba účinku je 12 dnů, při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku nejsou pro aplikaci vhodné. Po dešti se srážkami nad 25 mm jsou smyté kompletně a nejsou tak dále účinné. Nevzniká zde rezistence. Většina jich jsou pouze preventivní (měďnaté, sirnaté, atd.).

- příklad: většina pyretroidních insekticidů

Přípravky s hloubkovým účinkem - účinná látka proniká do hlubších vrstev rostlinných pletiv, ale není rozváděna v celé rostlině. Někdy také nazývané lokálně systémové. Pronikají do pletiv rostliny a mají lokální účinek, tzn. že se pohybují pouze z jedné strany či části listu na druhou stranu. Doba účinku je 12 dnů a při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách by se musel postřik aplikovat po 4-5 dnech, což není vhodné kvůli vzniku rezistence.

Účinek pesticidů

Přípravky systémové - účinná látka proniká do rostlin a je rozváděna v celé rostlině. Pronikají do pletiv rostliny a prostřednictvím rostlinných šťáv procházejí celou rostlinou a chrání tak i nové přírůstky. Používají se při velmi silných a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách a jejich účinek trvá 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Doporučuje se použít je v bloku alespoň 2x po sobě. Nevyžadují pokrytí celé rostliny.

- *příklad: většina půdní a kontaktních herbicidů*

Přípravky translaminární - pronikají do pletiv translaminárně. Obvykle se uvolňují páry, které „obalí“ celou rostlinu a chrání tak i neošetřená místa. Zpravidla však vyžadují dokonalé pokrytí rostliny. Doba účinku je 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách 6-8 dnů.

Herbicidy z hlediska času aplikace

Aplikace preemergentně - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem ještě před vzejitím kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku

Aplikace postemergentně - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem po vzejití kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku.

Selektivní herbicid - přípravek hubící určité druhy plevelů - jednoděložné nebo dvouděložné (nelze hubit obě skupiny zároveň).

Totální herbicid - přípravek hubící všechny druhy plevelů (jednoděložné i dvouděložné), včetně kulturních rostlin (hubí veškerou vegetaci).

Aplikační podmínky

Ochranná lhůta:

- Minimální doba od aplikace do bezpečného použití (krmení, konzum, semenářský porost...)

Další podmínky:

- Vosková vrstva
- Teplota (nízké teploty –nedostatečný Účinek, vysoké- poškození)
- Vývojová fáze (musí být přesně BBCH)
- Kombinace přípravků – tank mix –
.vždy vyšší klasifikace škodlivosti/toxicity
- Aplikace s ohledem na včelstva – min aktivní let včel!!! ..i s ohledem na kvetoucí plevelle (více než 2 kvetoucí rostliny na 1 m²)

Tip: Kliknutím na plodinu v tabulce můžete přejít do atlasu.

Plodina	Škůdce	Termín aplikace	OL	Dávka	Tank mix	Postřiková kapalina		Poznámka
						Pozemně	Letecky	
Brambor	Mandelinka bramborová		7	0,06 kg				max. 1x
Broskvoň	Štítenka zhoubná	podle signalizace v době hromadného rozlézání nymf	AT	0,25 kg				minor. reg. ÚKZÚZ
Cukrovka	Makadlovka řepná	31–39 BBCH	28	0,12 kg				minor. reg. ÚKZÚZ
Hrušeň	Obaleč jablečný		14	0,025 %		1000 l		max. 1x
Hrušeň	Mšice		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Hrušeň	Vlnatka krvavá		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Chmel	Mšice chmelová		42	0,008 %		200–2000 l		max. 1x
Jabloň	Obaleč jablečný		14	0,025 %		1000 l		max. 1x
Jabloň	Mšice		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Jabloň	Vlnatka krvavá		28	0,013 %		1000 l		max. 1x

Abiotický stres a reakce rostlin na něj

Nepříznivé podmínky vnějšího prostředí ohrožující rostlinu – označují se jako **stresové faktory**

Stres podle původu působení:

1. Abiotický

- 1a) fyzikální - mechanický (vítr, kroupy, mechanizace)
 - nadměrné záření (UV, viditelné)
 - teplotní (horko, mráz)

2b) chemické-sucho

- nedostatek kyslíku (hypoxie, anoxie)
- nedostatek živin v půdě
- nadbytek iontů solí (zasolení půdy)
- toxické kovy v půdě, toxické plyny ve vzd.

Abiotický stres a reakce rostlin na něj

Nepříznivé podmínky vnějšího prostředí ohrožující rostlinu – označují se jako **stresové faktory**

Stres podle původu působení:

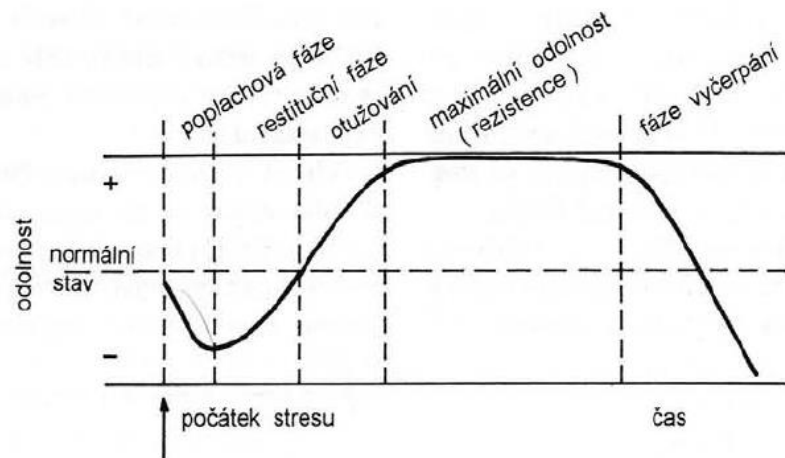
2. Biotický

- herbivorní živočichové (spásání, poranění..)
- patogenní mikroorganismy (viry, houby...)
- vzájemné ovlivňování (alelopatie, parazitizmus)

Abiotický stres a reakce rostlin na něj

Fáze stresové reakce rostlin

- 1. Poplachová fáze** – narušení buněčných struktur a funkcí
- 2. Restituční fáze** – dochází k mobilizaci kompenzačních mechanismů
- 3. Fáze rezistence** – dochází ke zvýšení odolnosti rostliny vůči stresovému působení
- 4. Fáze vyčerpání** – pokud působí stresový faktor nepřiměřeně dlouhou dobu



Kyselina abscisová - ABA

3 The Role of Abscisic Acid

53

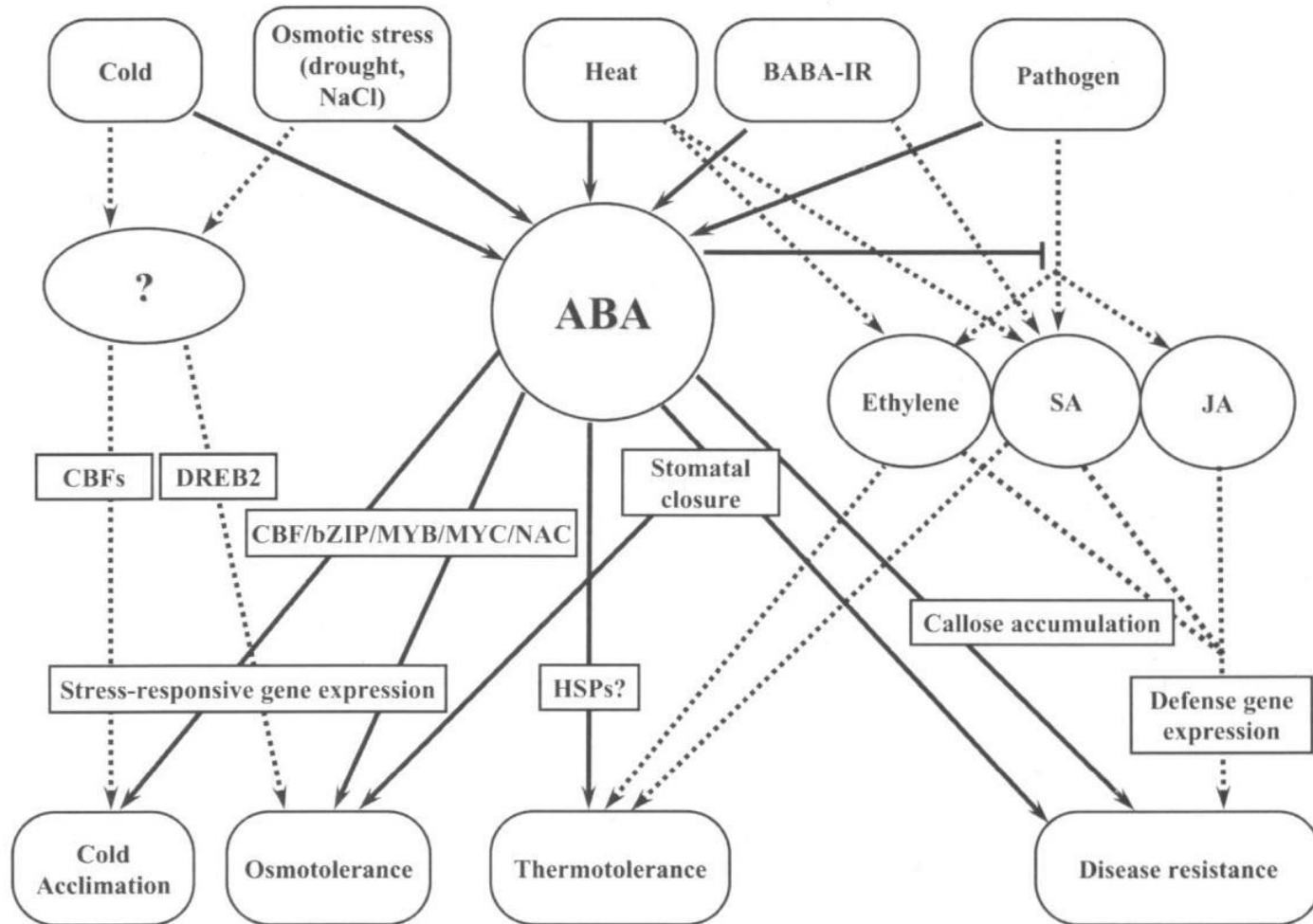


Fig. 3. Overview of signaling pathways between abiotic and biotic stresses. The figure shows signaling components involved in the response to abiotic and biotic factors. ABA-dependent and ABA-independent pathways are indicated by *black lines* and *dashed lines*, respectively.

Stres chladem

Citlivé na chlad v našich klimatických podmínkách: okurky, rajčata, papriky, kukuřice...

Chladový stres těchto rostlin již pod 10 C

Při chladovém stresu je důležitá doba **aklimatizace**- postupné „navykání rostlin“ na nízké teploty- v rostlinách dochází k těmto změnám:

- Hromadění osmoticky aktivních látek a tvorba stresových proteinů
- Aktivita fytohormoů (ABA – kys. abscisová)

Voda v mezibuněčných prostorech xylému začíná krystalizovat při teplotě -1 až -3 C, pokud jsou přítomny osmoprotektivní látky, tak může být limitní teplota až – 38 C

Stres chladem

Role fytohormonů při chladovém stresu:

Klesá obsah: auxinů
 giberelinů
 cytokininů

Stoupá obsah: kyseliny abscisové (ABA)
 ethylenu

Aktivace genů proti chladu:

- Geny COR (cold regulated) – jsou druhově specifické (*A. thaliana*, *Hordeum vulgare*...)
- Geny LEA
- dehydriny

Stres chladem

Odhad mrazuvzdornosti / chladuvzornosti:

- Obsahem sušiny - Dehydratace pletiv (zvýšení obsahu sušiny a snížení obsahu vody) – semipermeabilní membrány, které snižují obsah vody v pletivech
- Obsahem prolinu a hydroxyproliu - Zvýšení hladiny prolinu a organických kyselin (osmoprotektanty) má pozitivní vliv na mrazuvzdornost
- Obsahem ABA a ethylenu
- Geny regulující mrazuvzdornost (QTL, SSR..)
- Mrazové testy (TL 50)
- Terčíková metoda mrazových testů – rozpad pletiv

Mrazuvzdornost je silně podmíněna geneticky - odrůdou

Šlechtění na mrazuvzdornost

Šlechtění na vyšší mrazuvzdornost:

- 1) **Mrazové testy** – každoročně vybrané DH linie a perspektivní genotypy
- 2) **Terčíková metoda**
- 3) **Stanovení mrazuvzdornosti DH linií z mikrosporových kultur ovlivněných hydroxyprolinem**



Vyhodnocení mrazového testu a teploty LT50

č. označ.	Název	Zásahová teplota				Průměrné přežití %	Kritická teplota LT 50 oC	Významnost
		-10,0 o C	-10,6 o C	-14,1 o C	-15,4 o C			
1	OP - BN - 07	100	100	50	0	63	-14,1	a
11	SL 629 - DH	100	100	40	0	60	-13,9	ab
25	RASMUS	100	100	33	0	58	-13,6	abc
3	OP - BN - 08	100	100	30	0	58	-13,4	bcd
5	SL 620 - DH	100	100	30	0	58	-13,4	bcd
13	SL 631 - DH	100	100	30	0	58	-13,4	bcd
12	SL 630 - DH	90	78	50	10	57	-13,3	bcd
15	SL 633 - DH	100	91	30	0	55	-13,1	cde
14	SL 632 - DH	100	100	20	0	55	-13,0	cdef
19	C - 209	90	80	30	0	50	-12,8	cdefg
26	AVISO	100	90	20	0	53	-12,8	defghi
24	NAVAJO	100	70	30	10	53	-12,6	defgh
23	C - 242	100	90	20	0	53	-12,5	efghi
2	OP - BN - 09	100	100	0	0	50	-12,4	efghijk
7	SL 622	100	100	0	0	50	-12,4	efghijk
16	SG - C - 20	100	100	0	0	50	-12,4	efghijk
21	C - 234	80	80	20	9	47	-12,2	ghij
6	SL 621	100	90	0	0	48	-12,1	ij
10	SL 628 - DH	89	80	10	0	45	-12,1	ghij
17	C - 73	90	90	0	0	45	-12,0	hijk
18	C - 196	90	80	0	0	43	-11,7	ijk
20	C - 233	100	78	0	0	44	-11,6	ijkl
22	C - 235	70	60	20	0	38	-11,4	jkl
4	SL 617- DH	75	70	0	0	36	-11,3	klm
9	SL 627- DH	100	70	0	0	43	-10,8	lmn
27	LASER	90	50	0	0	35	-10,6	n
8	SL 626 -DH	70	30	0	0	25	-10,3	o

Stres suchem

Mezi základní znaky charakterizace fyziologických pochodů v reakci na vodní stres jsou:

- vodní potenciál rostlin (listů) Ψ_{leaf}
- osmotický tlak
- celkový relativní obsah vody (Relative Water Content – RWC).

Hodnota vodního potenciálu u rostlin s dostatkem vody $\Psi = -0,2$ až $-0,6$ MPa, u rostlin stresovaných suchem je tato hodnota -2 až -5 MPa. Při mírném vláhovém deficitu je úroveň vodního potenciálu $-0,5$ až $-1,5$, v případě silného stresu je takto hodnota nižší než $-1,5$ MPa. Nejcitlivější na vodní stres jsou rostliny v období jejich intenzivního růstu, což je v případě jarního ječmene (a nejen této plodiny) v měsících duben a květen.

Vodní potenciál

Základním pojmem vodního režimu rostlin je termín vodní potenciál. Tato veličina se používá prakticky jen ve fyziologii rostlin a charakterizuje stav vody v rostlin, v její části nebo v jejím nejbližším okolí (v půdě, v atmosféře). Symbolem vodního potenciálu je řecké písmeno **Ψ (velké psí)**. Hodnota vodního potenciálu je relativní, srovnávací (referenční) hodnotou je potenciál čisté vody, který je konvenčně považován za nulový. Vodní potenciál udává rozdíl mezi potenciálem vody, která je složkou určité soustavy a vody čisté, na kterou působí stejný atmosférický tlak, stejná teplota prostředí a stejná síla gravitačního pole jako na vodu v uvažované soustavě.

Vodní potenciál je chem. potenciál vody vztažený na její molární objem a udává se v jednotkách tlaku, tj. v MPa = megapaskal)

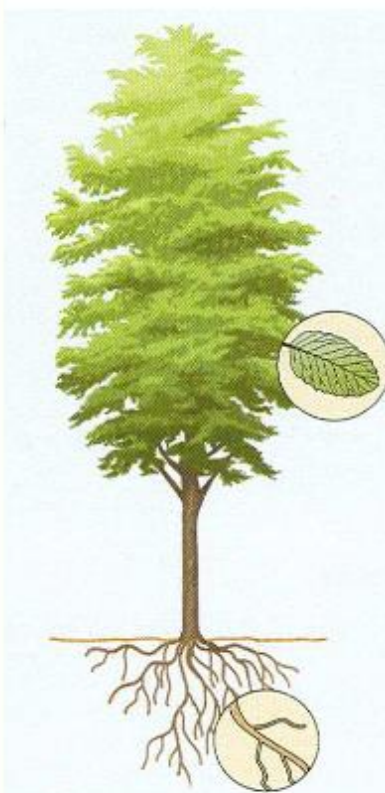
Osmotický potenciál

Ψ_s - osmotický potenciál vody v roztoku (syn. osmotická, koncentrační složka) závisí na koncentraci látek v ní rozpuštěných. Osmotický potenciál vody je číselně roven osmotickému tlaku π , hodnota osmotického potenciálu je však záporná, protože rozpuštěné látky – soluty - potenciál vody snižují.

Osmotický potenciál

Tab. 1. Hodnoty vodního potenciálu v různých částech systému půda – rostlina – atmosféra (Nobel 1991, obrázek převzat z Taiz a Zeiger 2002)

část systému		vodní potenciál Ψ_w (MPa)	osmotický potenciál Ψ_s (MPa)	tlakový potenciál Ψ_p (MPa)	gravitační potenciál Ψ_g (MPa)
atmosféra	vzduch hned za hraniční vrstvou při relativní vlhkosti 50%	-95,1	-	-	0,1
	vzduch v okolí průduchů při relativní vlhkosti 60 %	-70,0	-	-	0,1
	vzduch v průduchové štěrbině 95% relativní vlhkosti	-6,9	-	-	0,1
rostlina	buněčná stěna mezofylové buňky ve výšce 10 m	-0,8	-0,5	-0,4	0,1
	vakuola mezofylové buňky 10 m nad povrchem půdy	-0,8	-1,1	0,2	0,1
	xylém v listech 10m nad povrchem půdy	-0,8	-0,1	-0,8	0,1
	xylém v kořenech na úrovni povrchu půdy	-0,6	-0,1	-0,5	0
půda	půda v blízkosti kořenů	-0,5	-0,1	-0,4	0
	půda 10 cm pod povrchem 1 cm od kořene	-0,3	-0,1	-0,2	0



Stres suchem – obranné reakce rostlin

- Zkrácení životního cyklu rostlin
- Zamezení výparu vody (stočené, vzpřímené listy..), zvýšení příjmu kořeny
- Zvýšení obsahu protektivních látek – vede k uzavírání průduchů

Kyselina abscisová je při vodním stresu vyšší 10- 50 x !!!

- Geneticky řízená tolerance k suchu:
 - Geny LEA (Late Embryogenesis Abundant) – proteiny, chránící před dehydratací
 - Tzv. dehydriny „Dhn“ – proteiny o nízké molekulové hmotnosti, zachovávají funkčnost membrán a zabraňují ztrátám vody

Stres suchem – osmotický stres

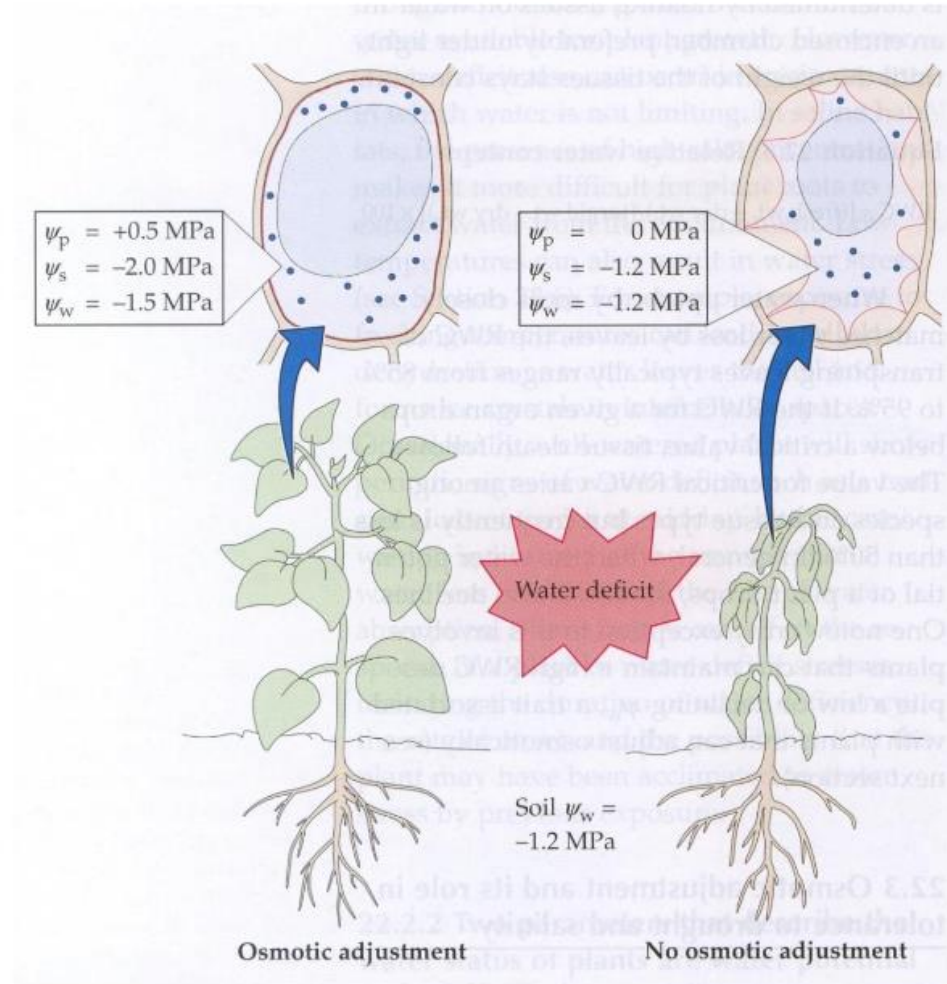
Osmoprotektanta

1. Aminokyseliny

- prolin
- glycin betain
- GABA

2. Polysacharidy

- manitol
- trehalóza
- sorbitol
- fruktany



Nahrazují vázané molekuly vody v makromolekulách a na povrchu membrán

Stres suchem – měření vodního stresu

- Turgor (vodní potenciál) v Mpa
 - Do - 0,5 MPa – běžná hodnota u nestresovaných rostlin
 - -0,5 až -1,5 MPa – středně velký vodní stres
 - Pod - 1,5 MPa- silný vodní stres
- Aktivita chlorofylu – fluorescence chlorofylu – např. měření hodnoty SPAD - poukazuje na možnost využití fluorescence chlorofylu jako nedestruktivního a rychlého nástroje pro sledování účinku mnohých biotických a abiotických faktorů na fotosyntézu rostlin, v tomto případě šlo o testování pšenice. Rychlá fluorescence chlorofylu byla měřena přístrojem HandyPEA
- Obsah ABA - I pokud jsou vystaveny vodnímu stresu jen kořeny, obsah volné ABA stoupá i v listech, kam je ABA transportována xylemem. Toto zvýšení může být až 40-násobné. Pokud jsou vodnímu stresu vystaveny listy, dokáže rostlina ABA redistribuovat zpět do kořenů
- Obsah prolinu

Stres suchem – ztráty vody z rostliny

Ztráty skrze průduchy a kutikulu

Transpiraci – rozdělení:

- stomatální transpirace - difunduje vodní pára otevřenými průduchy
- kutikulární fáze – voda prochází skrz kutikulu

Konduktance (vodivost) průduchů a permeance (prostupnost) kutikuly popisují velikost ztrát vody. Při dostatku vody se většina vodních ztrát děje přes otevřené průduchy, zato při suchu, které vyvolává uzavření průduchů, se většina vody ztrácí kutikulární transpirací.

Tím pádem je míra ztrát vody při stresu suchem determinována primárně permeabilitou kutikuly

Stres suchem – ztráty vody z rostliny

Průduchy:

Průduchy zprostředkovávají výměnu plynů mezi rostlinou a atmosférou. Zavřením průduchů je snížen výdej vody a zároveň dochází ke snížení rychlosti čisté fotosyntézy, neboť je omezena dostupnost CO₂ a není možný výdej tepla transpirací.

Iontové kanály hrají důležitou roli v regulaci turgoru ve svěracích buňkách a jsou významnou složkou signalizace, včetně té stresové

Při otevírání průduchu se aktivují H⁺ATPázy v plazmalemě a otevírají se kanály pro příjem K⁺ do cytosolu. Koncentrace K⁺ v protoplastu stoupá 4 – 8x.

Stres suchem – měření vodního stresu

- Gazometrie – výměna plynů - gazometricky LCpro+ (ADC Bio Scientific Ltd.), při hustotě ozáření $650 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ a množství energie za použití spalného kalorimetru IKA C200 (IKA, SRN) – kalorimetricky. U stresovaných rostlin průměrná rychlost fotosyntézy $7,47 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a transpirace $0,89 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, kdežto u rostlin kontrolních $9,27 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $1,09 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.
- Měření obsahu izotopů $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ v nadzemní části i kořenech
- Nádobové pokusy - za pomocí zálivky polyetylenglykolu 6000 (koncentrace 25 – 35 %)
- Dehydriny - stresově indukované proteiny - markery odolnosti hospodářsky významných plodin vůči působení stresových faktorů. Podle obsahu dehydrinů v rostlinách lze provádět predikci mrazuvzdornosti.

Stresové proteiny

Při stresu dochází ke změnám proteinů v buňkách

Zvyšuje se obsah proteinů, které se za normálních fyziologických podmínkách v buňkách téměř nevyskytují

Jejich detekce je snadná např. pomocí 2D gelové elektroforézy – podle jejich rozdílné molekulové hmotnosti

Chaperony- při malém fyziologickém stresu slouží jako řídicí protein pro následné změny

Ubikvitin – při velkém stresu a nezvrtaných změnách – je rozložen pomocí **proteáz** na aminokyseliny. Existuje více než 30 proteinů s chaperonovou funkcí, které zachovávají strukturu různých proteinů v podmínkách nízkého obsahu vody v buňce.

Významné antistresové proteiny = **dehydriny**

Stresové proteiny

Prolin: Schopnost akumulovat prolin je výrazně spojená s tolerancí ke stresu. Rostliny akumulují prolin v reakci na rozdílné enviromentální stresy, jakými je sucho, vysoká salinita a přítomnost těžkých kovů.

Prolin je považován jednak za osmolyt hrající roli v osmotickém přizpůsobení, tak i za zhášič ROS a molekulární chaperon stabilizující strukturu proteinů, čímž ochraňuje buňku před poškozením způsobeným stresem.

Syntéza prolinu – 2 cesty:

- Z glutamátu (po působení stresu – hlavní biosyntéza)
- Z ornithinu (zejména u mladých rostlin)

Stresové proteiny

GABA - Neproteinová aminokyselina γ -aminobutyrová se také velmi rychle akumuluje v nepříznivých podmínkách.

GABA se syntetizuje z glutamátu v cytosolu působením glutamátdekarboxylázy a poté je transportována do mitochondrií.

Salinitní stres zvyšuje aktivitu enzymů GABA metabolismu.

Hladina GABA při teplotním stresu a osmotickém šoku u rostlin stoupá až 6x